



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## Aplikace tepelného čerpadla Application of heat pump

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
bachelor's thesis

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Petr Michal**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. PETR HORÁK, Ph.D.**

**BRNO 2013**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

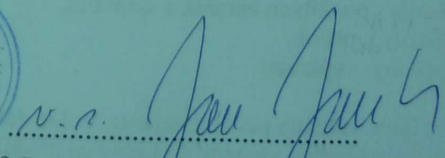
## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Petr Michal
Název	Aplikace tepelného čerpadla
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Petr Horák, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012

  
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu



  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

### Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

### Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- f) poděkování (nepovinné),
- g) obsah,
- h) úvod,
- i) vlastní text práce s touto osnovou:

A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran

B. Výpočtová část

- ♣ analýza objektu – koncepční řešení vytápění objektu, volba zdroje tepla,
- ♣ výpočet tepelného výkonu,
- ♣ energetický štítek obálky budovy,
- ♣ návrh otopných ploch,
- ♣ návrh zdroje tepla,
- ♣ návrh přípravy teplé vody, event. dalších spotřebičů tepla,
- ♣ dimenzování a hydraulické posouzení potrubí, návrh oběhových čerpadel
- ♣ návrh zabezpečovacího zařízení,
- ♣ návrh výše nespécifikovaných zařízení, jsou –li součástí soustavy
- ♣ roční potřeba tepla a paliva

C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: půdorysy + legenda, 1:50 (1:100), schéma zapojení otopných těles - / 1:50 (1:100), půdorysy (1:25, 1: 20) a schéma zapojení zdroje tepla, technická zpráva.

j) závěr,

k) seznam použitých zdrojů,

l) seznam použitých zkratk a symbolů,

m) seznam příloh,

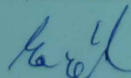
n) přílohy – výkresy

Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, prohlášení o shodě, posudky, výsledky obhajoby) budou vloženy do kapsy na přední straně desek, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek.

### Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Petr Horák, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

### **Abstrakt v českém a anglickém jazyce**

Cílem práce je návrh vytápění dvojpodlažního objektu s tepelným čerpadlem, typ země-voda s geotermálním vrtem. Tepelné čerpadlo je zdrojem tepla pro desková otopná tělesa a ohřev teplé vody.

The purpose of bachelor's thesis is to design heating on 2 floors with a heat pump, type soil-water with geothermal borehole. The heat pump is source of heat for heating and warm water too.

### **Klíčová slova v českém a anglickém jazyce**

tepelné čerpadlo, výparník, kondenzátor, kompresor, bod bivalence, geotermální vrt, teplota, zem, vzduch, voda, teplá voda, tlak, energetický štítek obálky budovy

heat pump, evaporator, condenser, compressor, bivalent item, geothermal borehole, temperature, soil, air, water, warm water, pressure, energy label of building envelope

## **Bibliografická citace VŠKP**

**MICHAL, Petr.** *Aplikace tepelného čerpadla*. Brno, 2013. 76 s., 28 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Petr Horák, Ph.D..

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2013

.....

podpis autora

**Petr Michal**

# **Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP**

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24.5.2013

.....

podpis autora

**Petr Michal**

# OBSAH:

ÚVOD .....	10
<b>A. Teoretická část- Tepelná čerpadla .....</b>	<b>11</b>
<b>A.1 Úvod .....</b>	<b>12</b>
<b>A.2 Princip tepelného čerpadla.....</b>	<b>12</b>
<b>A.3 Zdroje nízkopotenciálního tepla .....</b>	<b>13</b>
<b>A.4 Typy tepelných čerpadel .....</b>	<b>14</b>
A.4.1 Absorbční TČ.....	14
A.4.2 Hybridní TČ.....	15
<b>A.5 Typy kompresorových tepelných čerpadel.....</b>	<b>16</b>
A.5.1 Tepelné čerpadlo typu země-voda .....	16
A.5.2 Tepelné čerpadlo typu vzduch-voda .....	17
A.5.3 Tepelné čerpadlo typu voda-voda .....	17
A.5.4 Tepelné čerpadlo typu vzduch-vzduch .....	17
A.5.5 Tepelné čerpadlo s přímým vypařováním .....	18
<b>A.6 Typy primárních okruhů tepelných čerpadel .....</b>	<b>18</b>
A.6.1 Zemní plošný kolektor .....	18
A.6.2 Geotermální vrt .....	21
A.6.3 Energetické piloty .....	24
A.6.4 Spodní voda - sonda .....	25
A.6.5 Povrchová voda - plošný kolektor .....	26
A.6.6 Výparník TČ vzduch-voda .....	26
<b>A.7 Akumulace u TČ a zapojení s TČ .....</b>	<b>27</b>
<b>A.8 Ekonomika.....</b>	<b>28</b>
<b>A.9 Závěr .....</b>	<b>28</b>
<b>B. VÝPOČTOVÁ ČÁST .....</b>	<b>29</b>
<b>B.1 Analýza objektu .....</b>	<b>30</b>
<b>B.2 Výpočet tepelného výkonu .....</b>	<b>30</b>
<b>B.3 Energetický štítek obálky budovy .....</b>	<b>31</b>
<b>B.4 Návrh otopných těles .....</b>	<b>34</b>
<b>B.5 Návrh zdroje tepla .....</b>	<b>36</b>
B.5.1 Návrh tepelného čerpadla.....	36
B.5.2 Určení bodu bivalence.....	37
B.5.3 Dimenzování primárního okruhu tepelného čerpadla.....	39
<b>B.6 Stanovení velikosti zásobníku teplé vody.....</b>	<b>40</b>
<b>B.7 Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí.....</b>	<b>41</b>
B.7.1 Dimenzování sekundárního okruhu.....	41
B.7.2 Dimenzování primárního okruhu – VRT.....	42
<b>B.8 Návrh tepelných izolací .....</b>	<b>45</b>
<b>B.9 Návrh zabezpečovacího zařízení .....</b>	<b>48</b>
B.9.1 Teplá strana.....	48
B.9.2 Studená strana .....	49
<b>B.10 Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody .....</b>	<b>50</b>



B.10.1 Vytápění.....	50
B.10.2 Teplá voda .....	50
B.10.3 Celková potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody.....	50
<b>B.11 Celkové náklady na instalaci vytápěcího systému .....</b>	<b>51</b>
<b>B.12 Vyhodnocení ekonomické návratnosti investice do tepelného čerpadla.....</b>	<b>52</b>
<b>C. Projekt.....</b>	<b>56</b>
C.1.1 Úvod.....	57
C.1.2 Podklady.....	57
C.1.3 Tepelné ztráty a potřeba tepla .....	57
C.1.4 Zdroj tepla .....	57
C.1.5 Otopná soustava.....	58
C.1.6 Požadavky na ostatní profese.....	58
C.1.7 Montáž, uvedení do provozu.....	59
C.1.8. Vlivy na životní prostředí.....	60
C.1.9 Bezpečnost a požární ochrana .....	62
C.1.10 Závěr .....	62
<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>63</b>
<b>Seznam použitých zkratek a symbolů .....</b>	<b>64</b>
<b>Přílohy.....</b>	<b>64</b>

## **ÚVOD**

Cílem této bakalářské práce je návrh vytápění a ohřevu teplé vody pomocí tepelného čerpadla typu země-voda s geotermálním vrtem. Dále je zde řešen návrh koncových prvků, jejich příslušenství. Zvláštní pozornost je třeba věnovat návrhu primárního okruhu tepelného čerpadla. Část A je věnována teorii tepelných čerpadel napříč celým jejich spektrem, část B se zaměřuje na návrh vytápěcího systému s tepelným čerpadlem a konečně část C obsahuje výkresovou část.

## **A. Teoretická část**

# Tepelná čerpadla

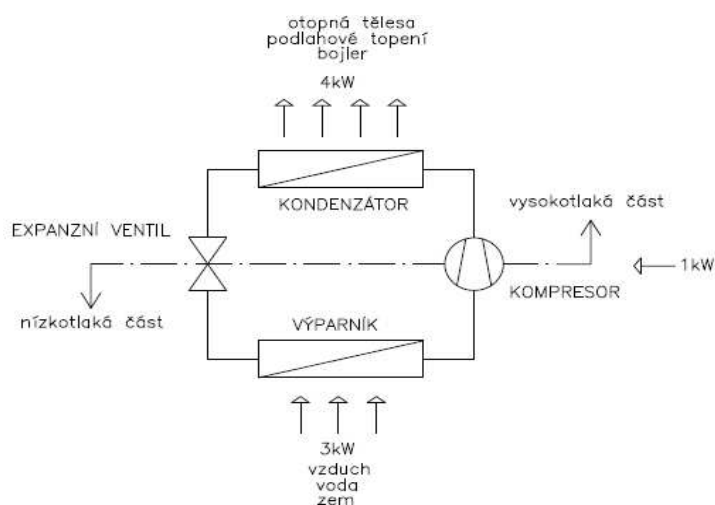
## A.1 Úvod

Tepelné čerpadlo (TČ) je alternativním zdrojem energie, které převádí teplo o nízkém teplotním potenciálu na potenciál vyšší. Přitom zdrojem nízkopotenciálního tepla může být zem, voda, nebo vzduch. Toto přírodní teplo je samozřejmě v běžných podmínkách pro vytápění nebo ohřev teplé vody nevyužitelné, ovšem tepelné čerpadlo je schopné přírodní teplo převést na tak vysokou teplotní hladinu, že je možné jej využít pro vytápění nebo ohřev teplé vody. [1]

## A.2 Princip tepelného čerpadla

Na první pohled, pokud se podíváme na papíře na systém s tepelným čerpadlem, může se zdát, že teplo v tomto systému přechází z chladnějšího tělesa na těleso teplejší. To by ovšem popřelo 2. větu termodynamickou, což je samozřejmě nesmysl. Využívá se zde několika naprosto jednoduchých převodů tepla s fázovou přeměnou pracovní látky, chladiva. Typické schéma kompresorového okruhu s tepelným čerpadlem je uvedeno na obr. 1..

**Obr.1** Schéma kompresorového TČ



Výparníkem TČ se odebírá teplo např. venkovnímu vzduchu, který má teplotu třeba i velmi nízkou, např.  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Teplo se převádí do chladiva, které se začne ve výparníku odpařovat. Kompressor si nasaje páry chladiva, ty stlačí a tím je převede na vyšší teplotní úroveň, která může dosáhnout teploty i  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ohřáté páry chladiva se při výtlaku kompresoru ženou na kondenzátor, kde předají teplo např. otopné vodě. Vlivem ztráty energie dojde ke kondenzaci chladiva, které se přes expanzní ventil vrací zpět do výparníku na ohřátí. Cyklus se uzavírá a může proběhnout znovu. V obr. 1 jsem čerchovanou čarou rozdělil okruh na 2 části, nízkotlakou a vysokotlakou. Hodnoty tlaků v obou částech jsou velmi závislé na chování chladiva v okruhu a rozdíl v tlacích řídí expanzní ventil. Po průchodu přes tento ventil dojde k prudkému ochlazení a částečnému odpaření chladiva. Každé vypařovací teplotě přísluší jistý tlak a stejně tak je tomu i u kondenzační teploty. Stejně jako u vody, která ve vyšší nadmořské výšce vře při nižší teplotě než by tomu bylo v oblasti níže položené, podobně závisí chování chladiva na tlacích v obou částech okruhu. Na účinnosti tohoto okruhu má velký vliv rozdíl mezi teplotou na vstupu a výstupu z TČ. Platí zde přímá úměra mezi rozdílem teplot a dodávanou energií. Čím větší je rozdíl teplot chladiva mezi výparníkem na začátku cyklu a kondenzátorem, tím více energie je nutno dodat na pohon kompresoru. Je tedy třeba si uvědomit, že teplo, které je předáváno z výparníku do kondenzátoru, je zvětšeno o teplo dodané prací kompresoru, přičemž kompressor je poháněn elektrickou energií. Tato energie tvoří zhruba třetinu, ale často i méně energie předávané v kondenzátoru. Důležitou informací pro uživatele TČ je to, že tato hnací energie něco stojí. Zato teplo odebírané ve výparníku vnějším prostředím je zcela zadarmo.

Každý systém s tepelným čerpadlem má svou primární a sekundární část. Dalo by se zjednodušeně říci, že primární část se nachází od výparníku směrem k vnějším prostředí a sekundární část je situována od kondenzátoru k místům odběru tepla. Primární část je např. u TČ odebírajícího teplo ze země zakopána právě v zemi, nebo u vzduchového čerpadla ji může tvořit pouze výparník.

Na obr.1 jsem naznačil hierarchii výpočtu přenosu energie, která odpovídá rovnici, na které je založena teorie tepelných čerpadel a zní [2]:

$$Q_t = Q_{ch} + P_k \quad [kW]$$

kde:

$Q_t$ ..... topný výkon tepelného čerpadla [kW]

$Q_{ch}$ .....chladičí výkon tepelného čerpadla [kW]

$P_k$ .....příkon kompresoru [kW]

Výše zmiňovanou účinnost TČ charakterizuje tzv. topný faktor, pod označením COP (Coefficient of performance) a jehož výpočet se provede dle formule:

$$COP = \frac{Q_t}{P_k}$$

Hodnota COP je bezrozměrné číslo, které udává účinnost systému. Čím je vyšší, s tím lepší účinností zařízení pracuje.

Po uvedení výše zmíněných vzorců, jsme již schopni pochopit jednotlivá čísla z obr. 1.:

$Q_{ch} = 3 \text{ kW}$ ,  $P_k = 1 \text{ kW} \Rightarrow$  topný výkon zařízení:

$$Q_t = 3 + 1 = 4 \text{ kW}$$

a topný faktor činí:

$$COP = \frac{4}{1} = 4$$

Zařízení na obrázku má tedy topný výkon 4 kW a topný faktor  $COP = 4$ . To znamená, že zařízení je schopné z jedné kWh elektrické energie vyprodukovat 4 kWh energie tepelné. To má v konečném důsledku pozitivní výsledek v nižších provozních nákladech. Je potřeba říci, že hodnoty COP nejsou konstantní, ale mění se v závislosti na okrajových podmínkách, kterými jsou již v A.2 zmíněné teploty na vstupu a výstupu z TČ. Ani topný výkon není konstantní. Klesá také s rozevírajícím se teplotami. Pokles COP a topného výkonu je způsoben větším škrcením průtoku chladiva okruhem. Z důvodu těchto měnících se výkonových parametrů, byly stanoveny normou EN 14511 okrajové podmínky, za kterých se udává topný výkon, topný faktor a příkon TČ. Jednotlivé podmínky pro různé druhy systémů TČ jsou uvedeny v tabulce 1..

**TAB.1** Okrajové podmínky TČ

Typ TČ	Okrajové podmínky při:
země-voda	0/35
voda-voda	10/35
vzduch-voda	2/35

Hodnota prvního čísla ve zlomku udává teplotu na vstupu tekutiny na výparník z primárního okruhu a druhé číslo udává teplotu na výstupu z kondenzátoru do sekundárního okruhu. V praxi se osvědčilo uvažovat pro soustavu se spádem 55/45 podmínky 0/45 a pro soustavu 45/35 podmínky při 0/35.[3]

Z tabulky je jasně patrné, jakým způsobem je uvažováno s pokrytím potřeby tepla jednotlivými zdroji. Podzemní voda má i v zimních měsících poměrně vysokou teplotu a TČ tak pracuje s relativně dobrými výkonovými parametry. U systému, který odebírá teplo ze země odpovídá hodnota teploty solanky  $0^\circ\text{C}$  přibližně teplotě na konci otopného období. Nejhorších parametrů v zimě (zato nejlepších parametrů v létě) budeme dosahovat se vzduchovým TČ, pro nějž se udává teplota na výparníku  $2^\circ\text{C}$ .

### **A.3 Zdroje nízkopotenciálního tepla**

Jak již bylo zmíněno v úvodu, můžeme teplo odebírat buď ze země, vody, nebo vzduchu. Podle čeho vybíráme zdroj nízkopotenciálního tepla závisí na finančních možnostech investora, ale hlavně na tom, co nám umožní okolní prostředí. Např. nebudeme teplo získávat z vodní plochy vzdálené půl kilometru od objektu, když toto teplo můžeme stejně dobře, nebo i lépe získávat z plochy zahrady, na které je objekt

umístěn.

Základní způsoby odběru tepla [4]:

- ze země-plošný kolektor
  - vrty
  - energetické piloty
- z vody -spodní vody
  - povrchová voda
  - odpadní voda
- ze vzduchu - venkovní vzduch
  - odpadní vzduch
- vzájemná kombinace zmíněných způsobů
- ostatní

## **A.4 Typy tepelných čerpadel**

V kapitole A.2 byl popsán princip nejběžnějšího typu TČ, jmenovitě kompresorového. To však není jediný typ tepelného čerpadla.

Typy TČ:

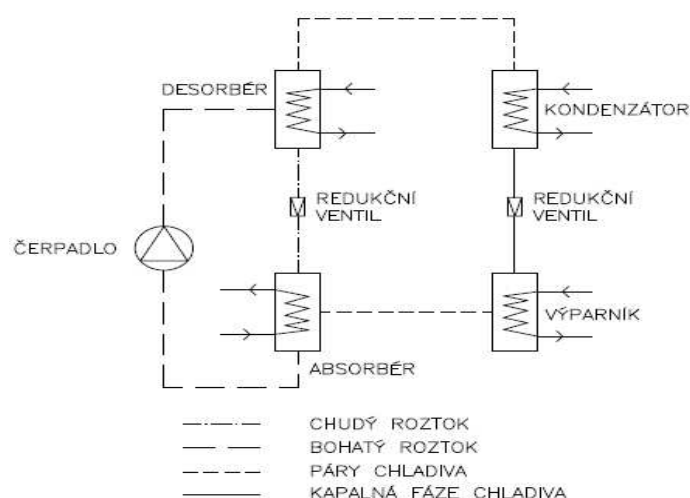
- ◆ kompresorová - země-voda
  - vzduch-voda
  - voda-voda
  - vzduch-vzduch
- ◆ absorbční
- ◆ hybridní
- ◆ kombinace výše uvedených

Nyní se budu zabývat absorbčními a hybridními typy TČ.

### **A.4.1 Absorbční TČ**

Na začátku je potřeba říci, že tento typ TČ není moc využíván pro jeho malou účinnost. Tento uzavřený okruh využívá vody, chladiva a také směsi těchto dvou látek. Jeho schéma je uvedeno na obr. 2..

**Obr. 2** Schéma absorbčního TČ



Ve výparníku je odebráno teplo např. chladicí vodě pro jistý technologický proces. Díky teplu přijatému ve

výparníku se odpařují páry chladiva, které jsou v absorberu pohlceny (absorbovány) vodou. Tato směs vody a chladiva se nazývá bohatý roztok. Ten je čerpadlem převeden do desorbéru (vypuzovače), kde díky teplu např. opět z technologického procesu dojde k vypaření (vypuzení) chladiva, které díky své kinetické energii proudí do kondenzátoru, kde předá teplo, zkondenzuje a putuje opět na ohřátí do výparníku. Voda, ze které se odpařilo chladivo v desorbéru, je dále vedena přes regulační ventil do absorberu na další ochlazení. Okruh se uzavírá a cyklus může proběhnout znovu.

#### Nejčastěji užívané látky:

absorbent – voda, chladivo- čpavek

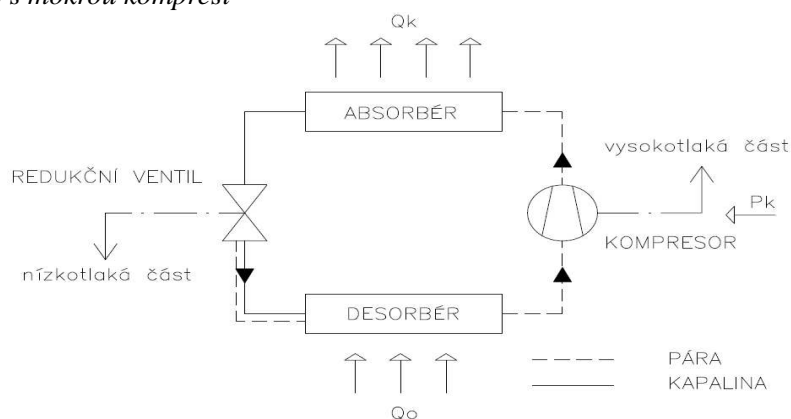
absorbent - bromid lithý, chladivo – voda

U absorbčních TČ se pro zvýšení teplotního rozsahu používá kaskádní zapojení. Větší počet energetických transformací je samozřejmě příčinou nižší účinnosti absorbčního cyklu oproti kompresorovému okruhu ( od cca 0,4 u prostého cyklu až po 1,2 pro vícestupňová (kaskádní) zapojení s vnitřní výměnou tepla ). Velkou výhodou absorbčního TČ je absence kompresoru a tím pádem nižší provozní náklady na hnací energii, ale také jednoduchost. Např. absorbční chladničky byly používány koncem 19. století právě pro jejich jednoduchost. Absorbční TČ jsou dnes používána hlavně v technologických procesech, kde máme poměrně levné teplo ve velkém množství. [5]

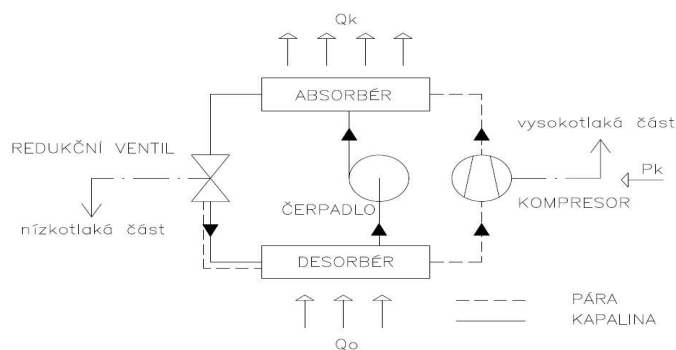
#### A.4.2 Hybridní TČ (HTČ)

Hybridní TČ kombinují okruh kompresorový a absorbční. Chladivo je buď vedenou samostatným okruhem odděleno od absorbentu, nebo společně přes kompresor – tzv. mokrá komprese. Tato koncepce však klade zvýšené nároky na kompresor, jež momentálně nejsou zcela uspokojivě vyřešeny. Proto se s mokrou kompresí setkáváme hlavně ve výzkumných zařízeních. Dalšími možnostmi modifikací jsou různá kaskádní zapojení, nejužívanější jedn- a dvoustupňový sériový okruh a okruh s vnitřní výměnou tepla mezi desorbérem a absorberem. Schémata HTČ jsou na obr. 3 a 4.

**Obr. 3** Schéma HTČ s mokrou kompresí



**Obr. 4** Schéma HTČ s odděleným absorbentem a chladivem



Ačkoliv hybridní tepelná čerpadla jsou v běžném provozu prakticky neznámá, jejich princip není vůbec nový – první v literatuře (např. [6]) uvážené práce související s hybridním chladicím cyklem pocházejí již z r. 1895 (Osenbrück) a 1920 (Sloan a Roncin), podrobněji se touto problematikou zabýval Altenkirch již v r. 1950. Zde zmíněné příklady byly vybrány pro demonstraci možností hybridních tepelných čerpadel, počet realizovaných zařízení je mnohem vyšší – v [6] je jich uvedeno více než 10.

## **A.5 Typy kompresorových tepelných čerpadel**

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, tak nejběžnějším typem tepelných čerpadel jsou TČ kompresorová. Jejich princip byl vysvětlen v kapitole A.2, avšak je nutné si říci více o jednotlivých zapojeních, zmínit jejich výhody a nevýhody spolu s požadavky na instalaci. V této kapitole se vždy v názvu setkáte s výrazy země, voda, nebo vzduch a jsou odděleny lomítkem. První slovo označuje zdroj nízkopotenciálního tepla (čili místo odkud odebíráme teplo) a druhé slovo označuje tekutinu, do které teplo předáváme a která následně distribuje teplo v místech odběru. [7]

### **A.5.1 Tepelné čerpadlo typu země - voda**

Tento typ tepelných čerpadel patří mezi velmi významné systémy. Vzhledem k jeho provozu vůči venkovním klimatickým podmínkám můžeme tento systém hodnotit jako „nejstabilnější“. Tepelná čerpadla tohoto systému jsou většinou provozována v bivalentním provozu, kdy při dosažení bodu bivalence (teplota mezi  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) přepíná doplňkový zdroj tepla, jako např. elektrokotel. Tepelnou pohodu tak zjišťují oba dva zdroje současně. Velikost TČ pro bivalentní provoz se volí na pokrytí 60-80% vypočtené tepelné ztráty objektu. V některých případech lze TČ země-voda provozovat monovalentně, což má své výhody, ale i nevýhody. Velikost TČ při monovalentním provozu odpovídá pokrytí tepelné ztráty objektu na 100%. [8]

**Obr.4** Příklad instalace TČ země-voda [9]



Jedná se o zařízení, které je umístěno uvnitř objektu, stejně jako by byl umístěn „tradiční“ zdroj tepla v technické místnosti. Na trhu lze najít TČ, které je jak v kompaktním (tepelné čerpadlo včetně bojleru a doplňkový zdroj tepla) tak standardním provedením. Standardním provedením se zde myslí pouze tepelné čerpadlo.

Jedinou nevýhodou tohoto systému jsou zemní práce, které jsou s jeho instalací spjaty. Pro čerpání tepla ze země se používají buď plošné kolektory, hlubinné vrty, nebo energetické piloty. Prvně zmíněný plošný kolektor potřebuje k odběru tepla poměrně velkou plochu zahrady, ale je výrazně levnější než hlubinný geotermální vrt. Vrt je jednou z nejdražších položek rozpočtu při pořízení TČ, ale má k dispozici „nejvýhodnější“ teploty a lze jej využít i pro chlazení. Energetické piloty jsou poměrně dobrým kompromisem mezi plošným kolektorem a geotermálním vrtem, kdy se začlení do nosného systému objektu v

krajině s únosnou zeminou ve větší hloubce než je obvyklé. Je nutné je však využívat v režimu chlazení a topení.

Tepelná čerpadla pracující s tímto systémem poskytují stabilní výkon a úspory, které dosahují až 70 % provozních nákladů na provoz tradičního topného systému. Životnost takových systémů je díky poměrně stabilním teplotám poměrně dlouhá. Díky menším kompresním poměrům nám déle vydrží kompresor. Díky nezávislosti „zemního“ tepelného čerpadla na venkovních teplotách ho lze použít i v horských oblastech. [10]



#### A.5.2 Tepelné čerpadlo typu vzduch - voda

Tento typ tepelných čerpadel patří mezi velmi oblíbené a to vzhledem díky jeho nižší ceně a také menším prostorovým nárokům než u „zemního“ tepelného čerpadla. Lze ho umístit prakticky kdekoli, nedochází k rozrušování zahrady při instalaci. Ovšem toto všechno je vykoupeno nižším COP v zimních měsících a tím i vyššími provozními náklady na provoz. Nehledě na to, že je více namáhán i kompresor, což má pochopitelně vliv na životnost TČ. Z těchto důvodů jsou TČ výhradně navrhována v bivalentním provozu, kdy se teplota bivalence pohybuje mezi  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . „Vzduchové“ TČ může díky scroll kompresorům pracovat až do teplot lehce pod  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ale s velmi malou účinností, při které nemá cenu tepelné čerpadlo „trápit“ a na pokrytí tepelné ztráty se podílí pouze doplňkový zdroj, který je tak dimenzován na 100 % tepelné ztráty objektu.

**Obr. 5** Instalace vzduchového TČ na střechu [11]



TČ odebírající teplo vzduchu, je buď složeno z vnitřní a venkovní jednotky, nazývané také split, nebo je dodáváno v kompaktním provedení, kdy celá jednotka TČ je umístěna mimo budovu. Vzhledem k tomu, že na výparníku tepelného čerpadla dochází při nízkých teplotách ke kondenzaci a namrzání vzdušné vlhkosti, je potřeba vyřešit odtávání výparníku a také odvod kondenzátu. Propojení venkovní a vnitřní jednotky se řeší prostupem přes obvodovou zeď objektu, izolací potrubí a také topnými kabely, které zaručují bezchybný chod vody mezi jednotkami. Pro jistotu je do okruhu mezi dvě jednotky místo vody dodávána nemrzoucí směs, což má však za následek nižší účinnost TČ a tím tedy i nižší topný výkon. Je třeba myslet také na umístění TČ tak, aby hluk ventilátoru, který je součástí jednotky s

výparníkem negativně neovlivňoval okolí. U kvalitních vzduchových čerpadel je hodnota akustického tlaku ve vzdálenosti 5m od venkovní jednotky cca 40 dB. Což se dá přirovnat např. k tikotu budíku ve vzdálenosti 2m. Jak jsem již zmínil v úvodu kapitoli, pracuje „vzduchové“ TČ s nižší účinností při nižších teplotách vzduchu, proto není vhodné ho umísťovat do horských oblastí. Často pak připíná dotopový kotel a rostou tak provozní náklady. [12]

#### A.5.3 Tepelné čerpadlo typu voda – voda

Systém těchto tepelných čerpadel má nejvyšší průměrný topný faktor a jeho pořizovací cena je nižší než u geotermálních vrtů. Je však třeba říci, že je jen málo lokalit, které umožňují průtok podzemní vody takový, aby bylo možno vodu pro přenos tepla využívat. Požaduje se minimálně 0,5 l/s a je důležité nepodceňovat

**Obr.6** TČ voda-voda [13]



dostatečnou testovací dobu vydatnosti zdroje. Zde mluvíme o zdrojové sondě pro tento systém TČ. Součástí systému pak musí být ještě vsakovací studna, do které odchází voda již ochlazená. Studny by měly být minimálně 15 m od sebe aby se neovlivňovaly a vsakovací studna by měla být po směru proudění pod zdrojovou studnou. Podzemní voda má sice poměrně stabilní teplotu okolo  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ale provozní náklady jsou na provoz systému vyšší než u geotermálního vrtu kvůli čerpacím pracem. Zdrojem nízkopotenčního tepla však nemusí být pouze studny, ale také povrchová voda v rybníce nebo v řece. Přičemž odběr tepla probíhá úplně stejně jako ze zemního plošného kolektoru, navíc položení kolektoru lze provést bez nutnosti výkopových prací. Bohužel administrativní ohledně

možnosti odběru tepla z těchto zdrojů je poměrně zdoluhavá a náročná a tak mnoho instalací TČ v České republice nenajdeme.

#### A.5.4 Tepelné čerpadlo typu vzduch – vzduch

Tyto TČ pracují stejně jako TČ systému vzduch - voda , jen s tím rozdílem, že teplo ze vzduchu se předává opět vzduchu. Toto použití je v praxi velmi omezené. Nejčastěji se setkáváme s jednotkami nástěnnými,

které louží pro jednu místnost a má nižší výkon při nízkých venkovních teplotách. Často se také instaluje tam, kde využíváme pro ohřev vzduchu rekuperaci.

#### **A.5.5 Tepelné čerpadlo s přímým vypařováním**

Systém s přímým vypařováním je v podstatě systém země-voda, kdy místo nemrznoucí směsi v kolektoru proudí měděným kolektorem s přímým vypařováním přímo chladivo. To je v okruhu poháněno pomocí kompresoru, čili odpadá oběhového čerpadlo primárního okruhu, ale vlivem větší tlakové ztráty je nutné použít kompresor většího výkonu. Důvodem pro použití chladiva v kolektoru je snaha o vyšší odběr tepla. Vlivem odpařování chladiva (a jeho nižší teploty) přímo v kolektoru dochází k intenzivnímu podchlazování povrchu potrubí, potažmo půdy a tvorbě ledové krusty kolem potrubí a tak je třeba myslet pouze na sezónní použití, aby se kolektor mohl dostatečně regenerovat do další topné sezony. Kolektor se umísťuje maximálně 1 m pod povrch z důvodu rychlejší regenerace sluncem a dešťovou vodou. Nevýhodou je tedy omezenost provozu během roku a vyšší nároky na kompresor. Výhodou je jednoduchá a rychlá instalace. Okruh s přímým odparem se používá např. při chlazení hokejových kluzišť, zařízení také pracuje s kompresorovým okruhem, ale nejmenuje se tepelné čerpadlo, ale prostě chladicí zařízení. [14]

### **A.6 Typy primárních okruhů tepelných čerpadel**

- zemní plošný kolektor
- geotermální vrt
- energetické piloty
- spodní voda – sonda
- povrchová voda – plošný kolektor
- výparník TČ vzduch-voda

#### **A.6.1 Zemní plošný kolektor**

Zemní plošný kolektor je dnes velmi oblíbeným zdrojem nízkopotenciálního tepla pro svou nižší cenu oproti geotermální sondě. V podstatě je to sluneční kolektor s nižší účinností, kde jako akumulátor slouží hliněný masiv nad kolektorem. Plošný kolektor tak leží v tzv. indiferentní úrovni, které sahá do hloubky cca 20 m pod zemí. Do této hloubky je teplota zeminy ovlivňována slunečním zářením a činí cca 10°C. Poté se teplota mění každých 30 m cca o 1K, ale na teplotě zeminy v tomto pásmu již nemá vliv roční období. V praxi se často setkáváme s názory, že kolektor nejde provozovat celý rok, ale je to naprostý nesmysl. *Plošný kolektor bere cca 2% energie z prostoru pod sebou a 98% tepelné energie z masivu nad sebou. Na 1 m<sup>2</sup> povrchu země dopadne ročně asi 2 000 kWh tepelné energie ze slunce, přitom plošný kolektor za rok ze stejné plochy odebere pouhých 40 až 70 kWh, což je jen 2,5 % z toho, co mu slunce dodá. Po pochopení tohoto principu je tedy jasné, že dobře provedený plošný kolektor se nemůže ani v dlouhodobém horizontu energeticky vyčerpat, protože během léta vždy s bohatou rezervou 100% regeneruje. Zároveň je to i odpověď na "nucenou odstávku pro regeneraci" plošného kolektoru během léta. Žádná není potřebná, energie dodávaná v létě ze slunce je tak vysoká, že kolektor s rezervou zvládá zároveň svojí regeneraci i dodávku tepla pro ohřev teplé vody nebo třeba pro bazén.* [15]

To jestli se rozhodneme pro plošný kolektor závisí jednak na plošných rozměrech pozemku, ale i na umístění. Jelikož se pracuje s energií slunce, nesmí být takový kolektor zastíněn např. okolními budovami, nebo nad ním např. postavena pergola či jiný objekt.

Potrubí se v našich podmínkách ukládá do hloubky 1,2-1,5 m u klasického zemního kolektoru, v případě tzv. slinek se doporučuje až 2m, protože slinky jsou položeny více „nahusto“ a tak je odběr tepla intenzivnější. Kolektor lze ukládat ve formě menadru (obr. 7), nebo ve spirále (obr.8). V případě meandru je teplo odebíráno rovnoměrně a u spirály je nejstudenější potrubí ohříváno nejteplejším. Co se týče délky okruhů, je pro snížení tlakových ztrát doporučeno použít maximální délku okruhů 100 až 300 m. Materiál potrubí je buď vysokohustotní polyethylen (HDPE), nebo PE 100, atd.. Tato potrubí je nutné pokládat do pískového lože pro zamezení případného poškození. V případě použití polyethylenu PE 100RC (resistance to crack) to nutné není.[16]*Rozteč pokládaných PE hadic bývá 0,5 - 1 m. Průměr PE hadic DN 20 (25 x 2,3 mm), DN 25 (32 x 2,9 mm) a DN 32 (40 x 3,7 mm). Průměr použitých hadic má zásadní vliv na max. délku*

okruhů, resp. počet smyček primárního okruhu. Platí pravidlo: čím menší průměr potrubí, tím větší počet smyček. Mnoho smyček vyžaduje cenově nákladný rozdělovač a sběrač. Při více než 5 smyčkách se vyplatí použít rozdělovač a sběrač umístěný v šachtě na pozemku. Tím se velmi zjednoduší přívod primárního okruhu do strojovny tepelného čerpadla jak po stránce topenářské, tak i stavební. [17] Nesmíme zapomínat ani na křížení s jednotlivými sítěmi jdoucími od domu jako třeba kanalizací. V místě křížení je potřeba umístit potrubí do chráničky a zaizolovat např. kaučukovou izolací, aby nedošlo k negativnímu ovlivnění těchto vedení. Izolují se obě potrubí. Dále se doporučuje minimální vzdálenost od základů budovy 1,5 m, v případě menší vzdálenosti se doporučuje opět potrubí zaizolovat. Potrubí se plní nemrznoucí směsí, kterou tvoří voda a líc, jmenovitě ethylenglykol a propylenglykol. Mísí se v poměru líc/voda 1:2. Při návrhu je dále potřeba dbát ohledu na nárůst tlakové ztráty se snižující se teplotou této směsi. Doporučuje se vypočítat tlakovou ztrátu pro médium voda při 0 °C a tuto hodnotu poté přenásobit koeficientem relativní tlakové ztráty 1,3 – 1,5 při 30% koncentraci směsi. [18]

Výpočet potřebné plochy kolektoru:

$$S = \frac{Q_{ch}}{q_{kol}} \quad [m^2]$$

kde:

$Q_{ch}$ .....chladičí výkon tepelného čerpadla [kW]

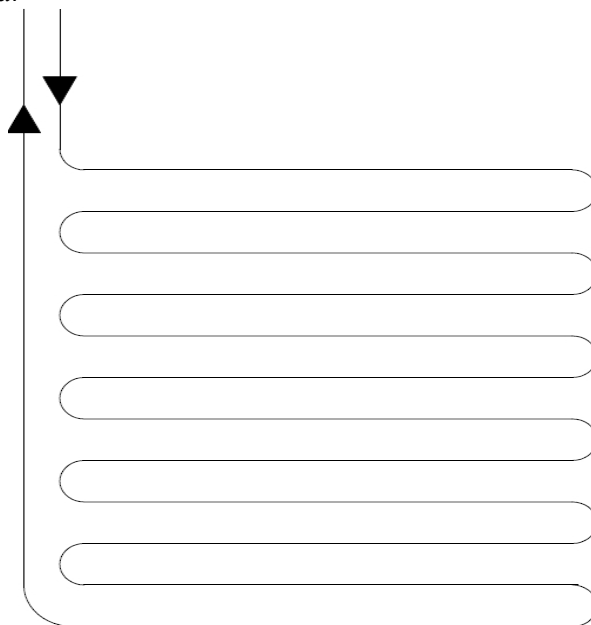
$q_{kol}$ .....měrný výkon jímání na 1m<sup>2</sup> [W/m<sup>2</sup>]

Chtěl bych upozornit, že měrný výkon jímání se mění dle typu zeminy. Pro ilustraci uvádím následující tabulku (Tab.2)

**Tab.2** Dosažitelný výkon kolektoru v závislosti na typu horniny [19]

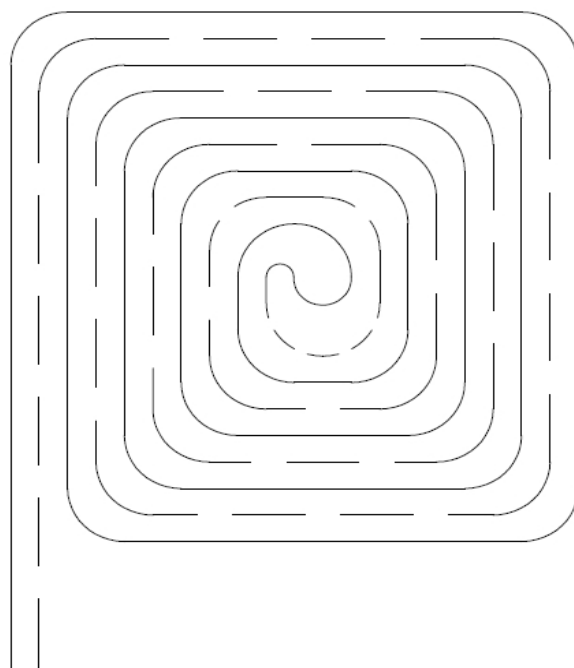
Hornina	Výkon $q_{kol}$ [W/m <sup>2</sup> ]
Suché nesoudržené horniny	10-15
Vlhká soudržná půda	15-20
Velmi vlhké soudržné horniny	20-25
Půdy obsahující vodu	25-30
Půdy s výskytem spodní vody	30-40

**Obr.7** Zemní kolektor- meandr



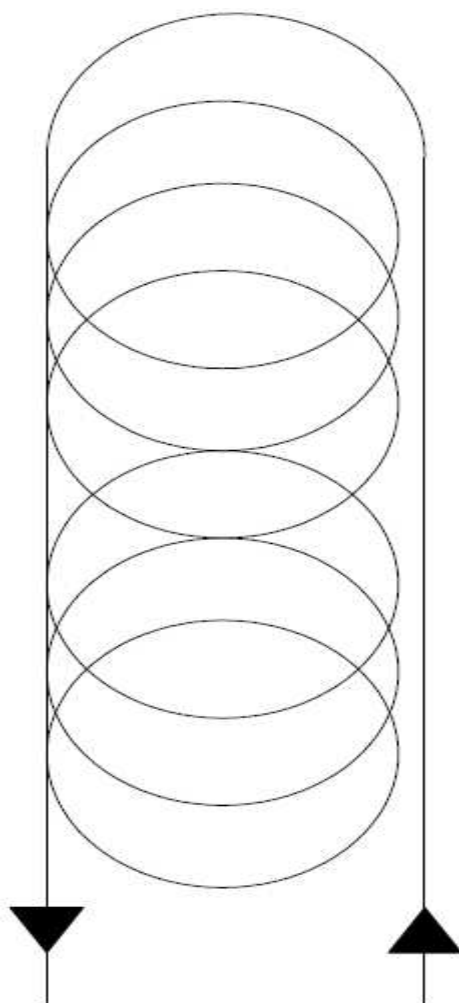
Zde dochází k rovnoměrnému čerpání energie z plochy

**Obr.8** Zemní kolektor- spirála



*Ideální rozdělení, nejstudenější potrubí je ohříváno nejteplejším*

**Obr.9** Zemní kolektor- tzv. slinky



### A.6.2 Geotermální vrt

V této kapitole se budu zabývat pouze sondami GLHE (Ground Loop Heat Exchangers), což jsou U smyčky, buď 4- nebo 2-trubkové. Máme však i další typy sond jako TIL a SCW, kterými se zde zabývat nebudeme. V souvislosti s geotermálními vrtly se lze setkat i s názvy hlubinný kolektor, vertikální kolektor, nebo také veritální geotermální sonda. Geotermální vrt je po TČ druhou nejvyšší položkou v investici pořízení tohoto systému. S tím je potřeba při návrhu počítat. Předimenzování systému má za následek nadměrné investiční náklady. Stejně tak poddimenzování systému má za následek nárůst provozních nákladů. Vrtly používáme tam, kde nelze navrhnout zemní plošný kolektor z důvodů prostorových omezení. Výhodou vrtů je jednak nenáročnost na prostor zahrady a s tím spojená destrukce trávníku, ale také nezávislost na ročním období, čili nezávislost na energii ze slunce, která je tak důležitá pro plošný kolektor. Nevýhodou jsou již zmíněné investiční náklady. Vrtly lze využít jak pro vytápění, tak pro režim chlazení. Platí pravidlo, že pokud navrhujeme vrtly na režim chlazení, tak nám 100% vystačí i na vytápění. Provozovat vrtly v tomto režimu je velice výhodné, jelikož v zimě odebíráme z vrtu teplo a následně vzniklý chlad v létě používáme pro chlazení, které lze provozovat pasivně, tedy kdy se samo TČ chlazení neúčastní. Teplem předávaným z objektu naopak regenerujeme vrtly pro zimní období. Jde tedy o vynikající ekonomicky výhodný přenos energie. Teplota ve vrtu se pohybuje okolo 8-12 °C, což se pozitivně projeví ve vysokém COP. V této souvislosti je potřeba si uvědomit, že čím vyšší je COP TČ, tím větší délku vrtu je potřebné navrhnout. Je to způsobeno vyšším chladícím výkonem TČ.

V dnešní době se bohužel najde spousta „odborníků“, kteří dokáží jinak skvěle připravený vrt naprosto znehodnotit jednak už ve fázi návrhu, ale i v samotném provedení. Z tohoto důvodu je třeba snažit se vyhledat odbornou firmu, která se vrtly a celkově primárními okruhy zabývá dlouhodobě a je zárukou kvality. Kvalita spočívá nejen v kvalitním návrhu, ale i samotné realizaci díla. Mohu si samozřejmě sestavit sondu doma na koleni, ale už nebude mít takové parametry, které se u vrtu požadují v evropských normách a předpisech. Také jsem slyšel o realizacích, kdy vrtač okem „odborníka“ pohlédl do vrtu a když viděl, kolik ve vrtu spočívá vody, prohlásil, že voda je nejlepší přenašeč tepla a že není nutné utrácet peníze na injektáž vrtu. Je to samozřejmě velké pochybení. Po čase došlo k poklesu vody a vrt pracoval ve vzduchu. Samozřejmě to sebou přineslo velmi špatné výstupní hodnoty z primárního okruhu a procitnutí majitele o odbornosti firmy kterou najal. Pro tyto případy jsou také zavedeny poměrně náročné a zdoluhavé administrativní povinnosti. Patří sem vedle samotného návrhu vrtu i hydrogeologický posudek a také vyjádření místního povodí. V těchto dvou krocích se na základě zkušebních vrtů nebo ze zkušeností z předchozích realizací stanoví podmínky realizace vrtů (technologie vrtání) a požadavky na materiál, který je nezávadný spolu s injektáží vrtu. Stále je možné se stkávat s posudky ve kterých je doporučována jako injektážní výplň vrtu směs vody a bentonit- cementu. Jejím nevýhodou je malá tepelná vodivost okolo 0,8 W/m.K<sup>-1</sup>.

#### **Obr.10** Nejdelší vrt TČ v ČR - Strakonice [20]



Hloubka vrtů se v ČR pohybuje do 130 m bez problému, ale jde dosáhnout i větší hloubky. Např. ve Strakonických jižních Čechách je zřejmě nejdelší vrt pro TČ hluboký 245 m. U něj pracuje tepelné čerpadlo bez dotopového elektrokotle po celý rok. Ve většině případů se již znají podmínky v jednotlivých lokalitách a není potřeba dělat zkušební testy teplotní odezvy vrtů, tzv. TRT- test (Thermal Response test). Tento test se požaduje pokud je celková hloubka vrtů větší než 1000 m. Např. firma Gerotop se zabývá výhradně návrhem primárních okruhů pro tepelná čerpadla a simuluje chování vrtů v průběhu i desítek roků. To pomáhá optimalizovat výslednou délku vrtů. *Minimální vzdálenost*

*mezi vrtly se požaduje 10 m, pokud jsou realizovány vrtly 2, lze se přiblížit na vzdálenost 7 m. Ideální pro omezení počtu vrtů jsou tzv. redukce počtu větví, které se napojí na rozdělovač s odvětvovacími ventily. Při větším počtu smyček je potřeba snažit se o stejné délky, jelikož se velmi zjednoduší vyregulování okruhů.* [21]

Technologie vrtání se liší podle lokality. technologii stanovuje hydrogeolog a nejčastěji to je příklepové vrtání se vzduchovým výplachem a pokud je v oblasti hodně jílu, navrhuje se vrtání v výplachem vodou a

dalšími příměsemi. V minulosti bylo potřeba v blízkosti vrtu zahalit vše okolo pod plachty, protože jakmile se narazilo na spodní vodu, tak ta svým tlakem zasahovala blízké okolí. Dnes však seriózní vrtné společnosti výplach z vrtu odvádějí přímo do přistavené jámky a znečištění v místě vrtu je minimální. Prostorové nároky na vrtnou soupravu velké nejsou. Průměr stvolu vrtu se pohybuje od 130 do 250 mm. Je doporučeno vrt v prvních metrech zapazit ocelovými pažnicemi, aby nedocházelo k ovlivňování okolních zvodní, které mají vliv na hladinu vody okolních studní. Mohlo by se stát, že přerušením zvodní by mohlo dojít k tlakovému zatížení jiné zvodně a odlehčení zvodně druhé, což by mohlo znamenat tvalou ztrátu vody pro objekty okolo vrtu a je jedno, zda je tato voda používána jako pitná nebo závlahová. Ikdyž samozřejmě ztráta pitné vody je mnohem větším problémem než ztráta vody závlahové. Je doporučeno, aby se vrtných prací účastnil i hydrogeolog, který v případě nepředpokládaných situací buď vrtné práce ukončí nebo stanoví podmínky, či opatření pro další vrtání. Z výplachu zkušený vrtař i hydrogeolog pozná co se kde ve vrtu nachází a zda se blíží nějaká komplikace.

Stejně jako u zemního kolektoru, je u vrtu důležitá hodnota měrného výkonu jímání. Bylo řečeno, že je možné tento výkon zjistit z TRT testu, ale jeho pořízení je poměrně dosti nákladné. Pro orientaci lze použít dle zjištění horniny tabulku tab. 3. Platí pro zařízení do výkonu 30 kW, přičemž zde uvádím důležité informace, které podmiňují použití této tabulky:

- hodnoty platí pro samotný vrt nebo vrty v lince
- hodnoty platí pro uvedené provozní hodiny (pokud jsou uvedeny)
- vztaženo pro duplexní vystrojení vrtu 4x32
- stanoveno pro zařízení do výkonu 30 kW

**Tab. 3** Tabulka hodnot pro měrný výkon jímání vrtu pro jednotlivé typy hornin [22]

Hornina	Výkon $q_{\text{vr}}$ (W/m)
Suché sedimenty ( $\lambda < 1,5 \text{ W/(m.K)}$ )	20
Normální hornina z pevného kamene a sediment nasycený vodou ( $\lambda < 1,5 - 3,0 \text{ W/(m.K)}$ )	50
Pevný kámen s vysokou vodivostí ( $\lambda > 3,0 \text{ W/(m.K)}$ )	70
Štěrk, písek, suchý	< 20
Štěrk, písek, vedoucí vodu	55 - 65
Jíl, hlína, vlhká	30 - 40
Vápenec (masivní)	45 - 60
Pískovec	55 - 65
Kyselé magmatity (např. žula)	55 - 70
Zásadité magmatity (např. bazalt)	35 - 55
Rula	60 - 70

Výpočet hloubky vrtu

$$H = \frac{Q_{\text{ch}}}{q_{\text{vr}}} \quad [m]$$

kde:

$Q_{\text{ch}}$ .....chladicí výkon tepelného čerpadla [kW]

$q_{\text{vr}}$ .....měrný výkon jímání na 1 m [W/m]

V praxi lze objevit i tabulky, které rozlišují jednotlivé výkony jímání dle provozních hodin TČ.

Výpočet provozních hodin TČ

$$h = \frac{Q_{\text{rok}}}{Q_k} \quad [h/\text{rok}]$$

kde:

$h$ .....počet provozních hodin TČ [ h/rok]

$Q_{\text{rok}}$ .....celková potřeba tepla na vytápění, ohřev teplé vody popř. bazénu [kWh]

$Q_k$ .....topný výkon TČ nebo TČ a doplňkového zdroje [kW]

Počet provozních hodin za rok by neměl překročit **2400 hodin/rok**.



Pokud se bavíme o hloubce vrtů, je potřeba dbát i na jeho vystrojení. Nejpoužívanějšími materiály jsou polyethyleny vysokohustotní (HDPE), PE 100, PE 100+, PE 100 RC. Materiál je důležitý jednak z důvodu životnosti vrtu, ale i v případě zasouvání sondy do vrtu, jelikož může dojít ke vzniku vrypu na potrubí o horninu na obvodu vrtu. Norma stanovuje, že maximální hloubka vrypu do potrubí může být rovna 1/10 tloušťky potrubí. Samozřejmě je velmi těžké se zaručit, že vryp na potrubí nedosáhne této hodnoty. Tento problém částečně řeší již zmíněný materiál PE 100 RC (resistance to crack – odolné prasknutí). Jejich molekulové vazby jim zaručují nejvyšší odolnost proti poškození.

Pokud mluvíme o vrtu, je potřeba vzít v potaz i statický tlak. Ten je samozřejmě nejvyšší v nejhlubší části vrtu u vratného U-kolena. To je namáháno po celou dobu životnosti a tak je mu třeba věnovat zvýšenou

**Obr.11** Vratné U-koleno firmy Gerotop [23]



pozornost. Např. firma Gerotop dodává geotermální sondu s U-kolenem jako celek již na stavbu, což zaručuje kvalitně provedený spoj U-kolene s párem potrubí. Součástí kolena je i odkalovací jímka, která v případě zanesení vrtu pojme u dna nečistotu a proudění přes U-koleno není omezeno. Dalším požadavkem normy je maximální tlaková ztráta při rychlosti proudění 1m/s 1kPa. Podmínkou pro tuto hodnotu je samozřejmě kvalitně provedené U-koleno, které se dnes vyrábí nejčastěji vstřikováním. K U-kolenu se nejčastěji montuje litinové závaží pro lepší zasouvání do vrtu. Dnes jsou na trhu i lepší

závaží, která díky několika ochranným komponentům prodlužují životnost paty a potažmo celého vrtu. Jejich cena je však poměrně vysoká.

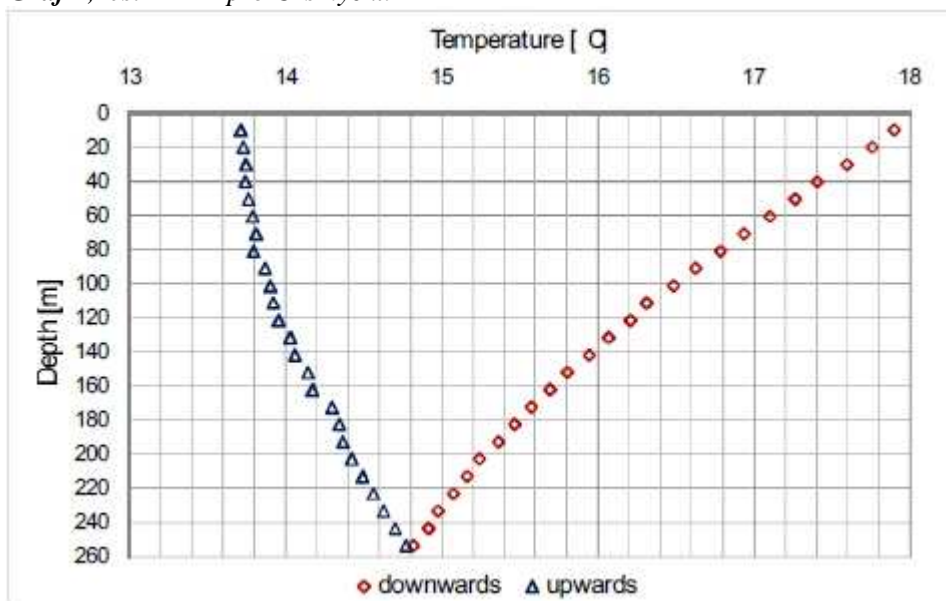
Na přenos tepla z horniny do sondy má velký vliv také vzdálenost potrubí sondy od sebe. Proto by se měly používat rozpěrky, které od sebe udrží potrubí v pevné distanci a bude tak zaručen co nejlepší přenos tepla. Testy bylo prokázáno, že vrt s potrubím natěsněno u sebe má mnohem horší schopnost jímat teplo, než vrt s potrubím v jisté distanci. Je to způsobené vzájemnou výměnou tepla mezi vzestupnou a sestupnou trubicí. Čím více je injektážní směs vodivá, tím více se „smazává“ výhoda rozpěrek. Hlavní myšlenkou užití rozpěrek je tedy zvýšení množství tepla získaného z metru vrtu a tím pádem zmenšení hloubky vrtu, což se projeví v nižších investičních nákladech.[24]

Další informaci, kterou si nemohu odpouštět je velký nárůst tlakové ztráty v okruhu vrtu při klesající teplotě. Na to je potřeba brát ohled při návrhu oběhových čerpadel, resp. jejich posouzení, pokud jsou již v TČ instalována. Se zvyšující se tlakovou ztrátou média (voda+lín) však dochází k ještě jednomu nepříjemnému jevu a tím je skokový nárůst tepelného odporu vrtu, vlivem změny proudění z turbulentního na laminární. V tu chvíli musí tepelný tok urazit vzdálenost přes stěnu potrubí do středu nemrznoucí směsi, čili nemrznoucí směs je v tu chvíli významným odporem. Zato u turbulentního proudění tepelný tok prochází pouze přes stěnu potrubí, snadno překoná vrstvičku kapaliny s laminárním prouděním na styku stěny potrubí a nemrznoucí směsi a vířivým pohybem se směs rovnoměrně ohřívá. Proto může do vrtu proudit více tepla. Potvrzuje to tedy, že tepelný tok je nepřímo úměrný odporu jednotlivých vrstev. [25]

V textu této kapitoly jsem se zmiňoval o testu TRT. Tento test však není úplně dostačující, protože teplo z něj získané je pouze průměr za celý vrt, ale už nám neukazuje, jakým způsobem teploty probíhají po celé délce, což by jinak mohlo pomoci optimalizovat délku vrtu a blíže pochopit, jak se která část vrtu podílí na výsledném výkonu. Proto byl vymyšlen tzv. DTRT test ( Distributed Thermal Response Test). *Jde o přímé měření rozdělení teplot v kapalině a na stěně vrtu při ukládání konstantního množství tepla vyhodnocením Ramanova jevu. Do kabelů z optických vláken, spuštěných do výměníkůvých trubic, se vysílají laserové impulsy. Interakcí fotonů dopadajícího záření s vibračními a rotačními stavy atomů nebo molekul získává odražené světlo jinou vlnovou délku, resp. energii fotonů nežli dopadající záření a tento tzv. Ramanův rozptyl světla je funkcí teploty. Teplotu vyhodnocuje čtecí zařízení a hloubku ke které ji přiřadí, zjišťuje z*

rychlosti světla a ze zpoždění odrazu pulzu. O prvních zkouškách DTRT, při kterých byl ve Stockholmu odzkoušen jeden U-smyčkový a jeden koaxiální vrt referovali Acuna, J., Palm, B. (2010) na Světovém geotermálním kongresu na Bali. [26] Z citovaného je vidět, že tento test je velmi náročnou disciplínou. Výsledkem testu byl tento graf.

**Graf 1, Test DTRT pro U-smyčku**



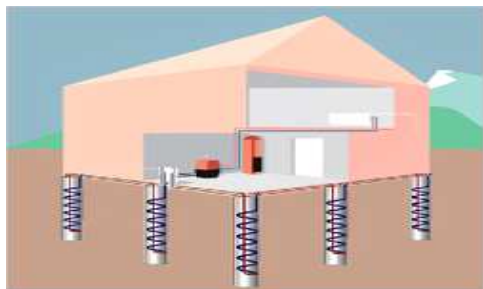
Na tomto grafu je na svislé ose vynesena hloubka vrtu [m] a na vodorovné ose teplota směsi ve vrtu [°C]. Modrá křivka znázorňuje průběh teplot v sestupné trubici, naopak červená křivka znázorňuje průběh teplot v vzestupné trubici. Je jasné vidět, že na přenosu tepla se podílí hlavně sestupná trubice, zato vzestupná se na přenosu podílí minimálně. Posledních 80 m vrtu v sestupné trubici se na přenosu tepla v podstatě nepodílí.

Na závěr této kapitoly bych rád dodal, že geotermální vrty budou v budoucnu nabývat čím dál většího významu jak pro vytápění a chlazení a proto je nutné se zabývat jejich dalším studiem. V dlouhodobém horizontu se teprve ukáže, jakou mají tyto sondy životnost, jak moc se liší od výrobcem deklarované životnosti a zároveň se ukáže, jak moc se dlouhodobé vychlazování vrtu projeví na výstupních teplotách z vrtu třeba po 30-ti letech provozu.

#### **A.6.3 Energetické piloty**

Tento způsob jímání tepla je poměrně „novou“ záležitostí v našich končinách. Používá se tam, kde je nestabilní podloží, nebo kde je únosná půda ve větších hloubkách. Bývá to většinou v silně podmačených oblastech. Tato voda pomáhá piloty dobře regenerovat a lze je pak používat bez omezení. Energetické piloty je možné realizovat pouze při zakládání stavby, dodatečná instalace tedy bohužel není možná. Lze je provozovat většinou pouze v režimu chlazení/topení z důvodu omezené tepelné kapacity země pod objektem a v betonové desce budovy. Investory většinou přesvědčí, že jednoduchou instalací potrubí primárního okruhu do ocelové výztuže piloty ušetří za další výkopové práce např. pro zemní kolektor nebo vrt.

**Obr.12 Energetické piloty - RD [27]**



**Obr.13 Armokoš Energetické piloty [28]**



Konstrukce takové piloty je velice prostá, na ocelovou výztuž piloty se navine potrubí z HDPE se zvýšenou



pevností dimenze 25 x 2,3 mm. Z piloty vede potrubí k rozdělovači a sběrači a odtud k TČ. Je vhodné navrhovat jednotlivá potrubí tak, aby způsobovaly co nejmenší tlakovou ztrátu. V potrubí koluje opět nemrznoucí směs. Pilota se po umístění armatury s potrubím vyplní betonem. Průměr pilot se v našich podmínkách pohybuje od 120 do 1200 mm a hloubka od 3 do 30 m. Vzhledem k tomu, že se jedná hlavně o nosnou konstrukci stavby, je potřeba dbát na to, aby nadměrným vychlazením půdy v podzákladí nedošlo ke snížení nosné funkce a sekundárně např. popraskáním zdí vlivem zvětšováním objemu vody pod základovou deskou. Proto může dojít pouze k dočasnému poklesu teploty pod bod mrazu. Maximální povolená hranice je -2 °C, v tu chvíli ještě nedochází k takovému promrzání, aby nastal problém. V případě že by hrozilo, že počet pilot objektu by nestačil pro pokrytí tepelných ztrát nebo chladicího výkonu, lze tento systém kombinovat s geotermální sondou. Na závěr bych chtěl dodat že na 1kW topného výkonu je potřeba 2-3 tis. Kč na velikost piloty výkonu odpovídající.

#### A.6.4 Spodní voda-sonda

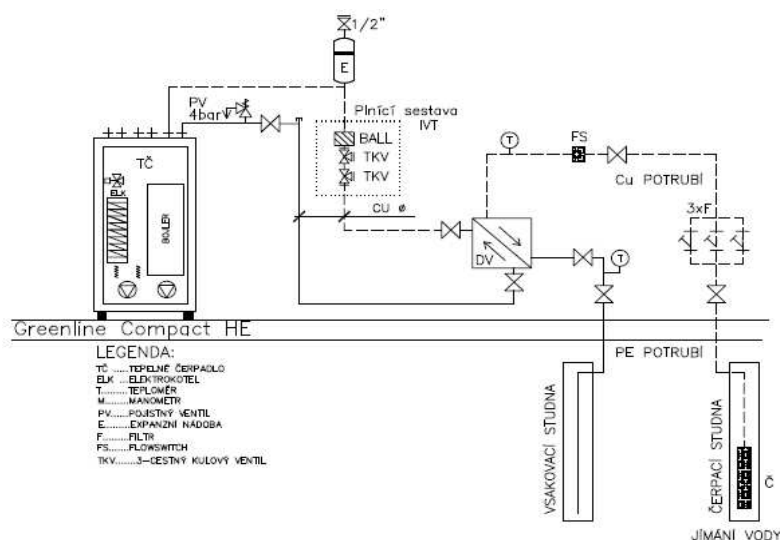
Využití spodní vody pomocí sondy je velice zajímavé. Po celý rok máme vodu o teplotě 7÷12 °C, což má velmi dobrý vliv na COP tepelného čerpadla. Bohužel v našich podmínkách je jen málo lokalit, kde tento systém lze použít. Pokud chceme využívat teplo ze spodní vody, musíme mít na zřeteli několik důležitých věcí, které toto použití podmiňují. Je to zejména:

- vydatnost zdroje (dostatečný průtok)
- čistota vody
- hloubka zdroje

Požaduje se minimální průtok vody ze sondy 0,05 l/s na 1kW výkonu. Je potřeba klást velký důraz na čerpací zkoušky, při které se po dobu minimálně 28 dní nepřetržitě čerpá voda ze zdrojové studny do studny vsakovací. Voda ochlazená se nesmí nikdy pouštět do kanalizace. Vsakovací studna je důležitá z toho důvodu, aby voda ochlazená v TČ měla kam odcházet. Pokud bude půda v okolí vsakovací studny málo propustná, může se voda do ní vsakovaná brzy přiblížit sondě zdrojové, která bude posléze čerpat vodu o nižší teplotě, čímž klesne účinnost systému TČ. Z tohoto důvodu je minimální vzdálenost mezi vsakovací a zdrojovou sondou stanovena na 15 m. Pokles průtoku vody přes výparník by mohlo mít za následek namrzání vody na výparník až jeho úplnou destrukci. Proto se na potrubí osazuje tzv. flowswitch, který v případě poklesu průtoku pod požadovanou hodnotu vypne TČ.

Jak bylo zmíněno, je potřeba dbát i na čistotu vody. Nečistoty v čerpané vodě by mohly uspávat jak potrubí, tak hlavně výparník TČ a působit na něj brusným účinkem. Proto se na čerpací potrubí ze zdrojové sondy osazují filtry, třeba i 3 paralelně. Díky jejich zvýšenému počtu nebude nutné tak často filtry čistit. Nicméně občasným kontrolám přes rok se i tak nevyhneme. Jednou z variant je použití předřazeného výměníku, který oddělí okruh vody od okruhu s nemrznoucí směsí, která od předřazeného výměníku předává teplo do

**Obr.14** TČ voda-voda, + předřazený výměník [29]



výparníku. Bohužel se tím snižuje teplota na výparníku aby byl zaručen tepelný tok a to sebou nese snížení COP. V souvislosti s předřazeným výměníkem je třeba instalovat ještě oběhové čerpadlo mezi výparníkem a předřazeným výměníkem, což má za následek pokles COP celého systému.

Hloubka, ze které čerpáme je důležitá z pohledu čerpací práce. Je třeba vyhodnotit, zda se nám vyplatí vodu z dané hloubky čerpat. V opačném případě by nás provozní náklady přišly draho. Doporučuje se maximální hloubka čerpání pro rodinné domy do 25 m.

Pro vybudování zdrojové a vsakovací sondy musíme mít stavební povolení. Proces jeho získání je však složitější než u klasických geotermálních vrtů.

#### **A.6.5 Povrchová voda-plošný kolektor**

Odebírání tepla z povrchové vody se nejvíce podobá odebírání tepla ze zemního kolektoru. Jde opět o potrubí uložené např. v rybníce v roztečích do 1m zatížené u dna, potrubím proudí nemrznoucí směs a odebírá teplo z vody, které předává na výparník TČ. Jde tedy o uzavřený okruh. Jako materiál se používá vysokohustotní polyethylen (HDPE). Spousta lidí se tohoto systému bojí, ale nemají proč. Pokud je kolektor správně navržen, nedojde k vymrazení rybníku a k žádnému ovlivnění ryb v něm žijících. Důležitou podmínkou použití je dostatečná plocha a také opravdu dočasné vypuštění. Teplo však lze odebírat i z řeky, princip je naprosto stejný. U řeky je ta výhoda, že voda v ní není stojící a tak nedochází v podstatě k žádnému ovlivnění vody. K možnosti použití tohoto systému je potřeba souhlas příslušného povodí. [30]

#### **A.6.6 Výparník TČ vzduch-voda**

*Obsah energie ve vzduchu silně závisí na jeho vlhkosti. Je-li vzduch chladný, je v něm i málo vlhkosti. na rozdíl od ostatních látek (voda, horniny) není množství energie ve vzduchu přímo úměrné teplotě, ale klesá rychleji. [31]* Instalace TČ vzduch-voda je naprosto nejjednodušší a nejlevnější instalací ze všech instalací tepelných čerpadel. To je z toho důvodu, že není potřeba budovat výkopy pro primární okruh. Primární okruh TČ vzduch-voda tak tvoří pouze výparník, který přímo odebírá teplo venkovnímu vzduchu. Součástí výparníku bývá ještě ventilátor, který zaručuje lepší přestup tepla do chladiva díky zvýšenému proudění vzduchu. Nevýhodou odběru tepla ze vzduchu je nižší účinnost v zimních měsících, zato velkou výhodou je vysoká účinnost v letních měsících a přechodových obdobích. Tím se výhody a nevýhody této instalace vykrývají. Velice výhodné je ohřívat pomocí tohoto typu TČ bazénovou vodu, jelikož rozdíl teplot vzduchu, ze kterého odebíráme teplo a bazénovou vodou není v letních měsících velký. Při velmi nízkých teplotách by bylo TČ zbytečně namáháno a tak přebírá pokrytí tepelné ztráty pouze doplňkový zdroj tepla, nejčastěji elektrokotel. Součástí odběru tepla je i kondenzace a namrzání vzdušné vlhkosti na výparníku, který tak musí mít vyřešené odtávání výparníku a odvod kondenzátu. Množství kondenzátu může za den dosáhnout i několika litrů. Pokud je venkovní jednotka TČ propojena s jednotkou vnitřní pomocí potrubí, ve kterém je pouze voda, je nutné na toto potrubí umístit ještě topné kabely, které zamezí zamrznutí vody a tím destrukci výměníků. Nejjednodušší je samozřejmě tento okruh napustit nemrznoucí směsí, ale tím se snižuje výkon TČ. Zřejmě nejlepší variantou je vypustit tento okruh, pokud budeme vědět, že nějaký čas bude TČ mimo provoz např. během dovolené. Tento systém tak je používán třeba na chatách (obr. 15)

**Obr. 15** Vnitřní a venkovní jednotka vzduchového TČ [32]



Jednou z nevýhod umístění výparníku vzduchového TČ do venkovního prostoru je hluk, který může obtěžovat jak majitele, tak sousedy. Na trhu je řada tlumičů hluků, které dokáží problém velice dobře vyřešit. V zásadě má každý z nás jiný cit a tak je vnímání hluku velmi individuální záležitostí. Na trhu jsou i výrobky, které umožňují instalaci uvnitř objektu a nasávaný vzduch je po ochlazení na výparníku TČ potrubím vedeným skrz obvodovou stěnu vyfukován zpět do venkovního prostředí. Zde je nutno zdůraznit, že sací a výtlačné potrubí od výparníku by mělo být situováno v bezpečné vzdálenosti od sebe, abychom sacím potrubím nenasávali již ochlazený vzduch.

Jako velmi výhodná se jeví také varianta získávání tepla z odváděného odpadního vzduchu z objektu, nebo z technologických procesů. Náklady na ohřev vzduchu mohou tvořit až 40 % nákladů na

vytápění a tak se naskytá otázka: *Proč tento pracně ohřátý vzduch opět nevyužít?* Na trhu jsou TČ, která odebírají teplo pouze z odpadního vzduchu, ale i výkonnější TČ, která odebírají teplo zároveň z geotermálního vrtu nebo plošného kolektoru. Při přebytku tepla se teplo může ukládat do země a tím si regenerujeme zdroj tepla pro další využití.

## A.7 Akumulace u TČ a zapojení soustav s TČ

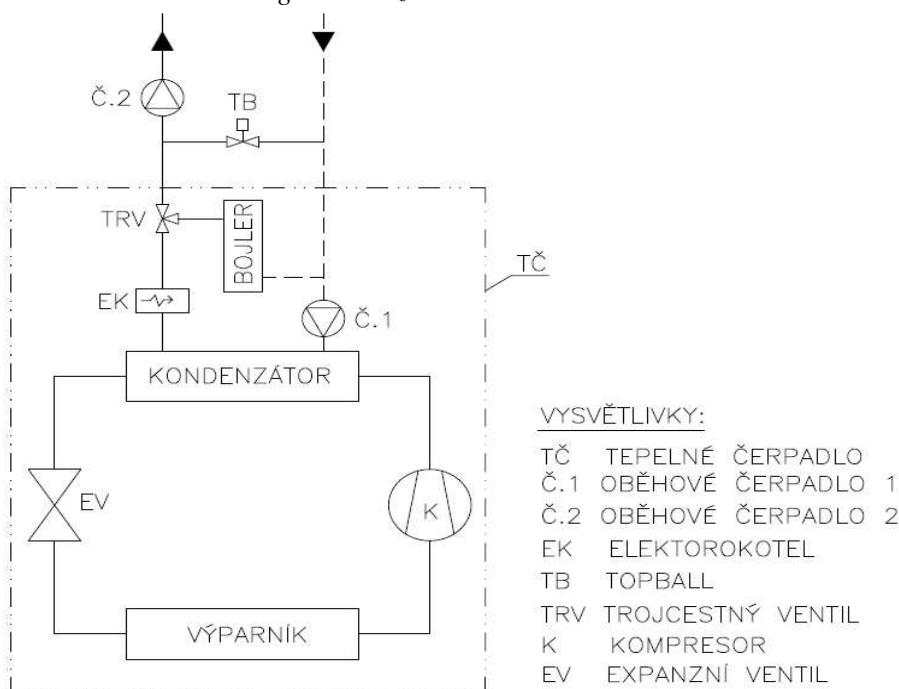
*Na každou soustavu s tepelným čerpadlem je potřeba dívat se jako na soustavu s akumulátorem.*

Akumulátorem je zde myšlena topná voda.[33] Pokud nalijeme vodu o teplotě 50 °C do hrnku o objemu 0,5 l a stejně teplou vodu do nádoby o objemu 10 l, tak nám teplota bude klesat rychleji v hrnku. To je způsobeno menší tepelnou kapacitou vody v hrnku. Stejně to funguje i ve vytápěcích soustavách. Pokud bychom např. měli otopnou soustavu s kotlem na tuhá paliva a rozhodli jsme se vyměnit tento kotel za TČ, tak do té doby naprosto postačující náplň soustavy by tepelnému čerpadlu stačit nemusela. TČ si hlídá dle topné křivky teplotu výstupní vody v závislosti na venkovní teplotě. Pokud teplota na výstupu klesne o jistou hysterzně nastavenou hodnotu, regulace zapne TČ a to topí. Pokud je malý objem vody v soustavě, ohřeje vodu velmi rychle, ale voda také rychle vychladne a kompresor tepelného čerpadla opět sepne. Právě pro omezení startů kompresoru je velmi důležitý minimální objem vody v soustavě. Literatura se v uváděných hodnotách liší, např. výrobce IVT uvádí 10-20 l/kW špičkového výkonu, Topenářská příručka uvádí cca 15 l/kW. Můžeme se tedy shodnout, že minimální objem náplně leží někde mezi 10-ti až 20-ti l/kW.

Jsou však soustavy s TČ, kde sám objem vody v soustavě nemusí (ale také může) být postačující. Jedná se zejména o soustavy s termostatickými hlavice. Činností hlavice nám může dojít k tak velkému poklesu průtoku přes TČ, že se nebude stíhat chladit oběhové čerpadlo sekundárního okruhu a pak dojde k ohlášení poruchy na TČ a k jeho odstavení. To lze vyřešit instalací akumulátoru, který nám zajistí dostatečný průtok vody přes kondenzátor a tím i chlazení oběhovky. Akumulátor však nemusí být nutné použít tehdy, pokud máme dobře vyregulovanou soustavu a správně nastavenou ekvitermní křivku. V tu chvíli jsou zásahy do průtoku termostatickými hlavice minimální a průtok soustavou je zajištěn. To samozřejmě souvisí i s chováním uživatele. Pokud bude uživatel moc velký šetřílek a večer obejde většinu otopných těles, uzavře ventily tak je o problém s průtokem zaděláno.

Jako prevenci proti problémům s průtokem lze výhodně vložit i tzv. regulační zkrat (Obr. 16), který nám pomáhá udržet průtok přes kondenzátor tepelného čerpadla a zároveň chladí oběhovku. Na regulačním

**Obr. 16** Schéma TČ s regulačním zkratem v sekundárním okruhu



potrubí je osazen regulační kohout tzv. TOPBALL. Ten umožňuje zvýšený průtok vody přes kondenzátor, kdy voda proudí částečně do systému (malý průtok) a větší část se jí vrací přes zkrat do TČ. Je třeba říct, že tento zkrat je možno použít pouze do jistého minimálního průtoku. To je záležitostí výrobce. V této kapitole jsem pouze chtěl ukázat, že ne vždy je nutné použít akumulátor. Někdy ho však projektant pro klid duše (ikdyž ví že by nemusel) raději použije a nic tím nezkaží.

## **A.8 Ekonomika**

Velmi důležitou stránkou tepelných čerpadel je jejich ekonomika. Ostatně proto si lidé tepelná čerpadla pořizují. Často můžeme slyšet, jak lidé prohlašují, že jim vychází levně vytápění dřevem, uhlím atd. Je to sice pravda, ale je třeba si uvědomit, že nelze posuzovat provozní náklady jen z pohledu na vytápění, ale z provozních nákladů na celý dům. Nehledě na to, že z komínů těchto lidí odchází spousta oxidu uhličitého čímž znečišťují ovzduší. Dále se musejí starat o neustálé přikládání, přijdou odpoledne z práce a dům je vymrzlý. Tyto problémy řeší TČ, které tak vítězí na plné čáře.

Investiční náklady na tepelné čerpadlo jsou oproti konvenčním zdrojům tepla značné. Nicméně když si uvědomíme, že každý rok zaplatíme např. o 20 tis. Kč méně v provozních nákladech v porovnání s plynem, myslím, že si každý rychle rozmyslí, jestli bude v dalších letech sypat peníze do sýpek dodavatelů energií. Při pořízení TČ automaticky přecházíme na levnější sazbu D56, kdy máme po dobu 22 hodin denně levnější („noční“) proud. To sebou nese snížené platby za elektřinu a pozitivně se to projeví v celkových nákladech. TČ jsou spolu s kotli na biomasu nejvýhodnějšími zdroji tepla. Např. ve Švédsku, či Norsku to již dávno pochopili a v novostavbách již téměř jiný zdroj tepla než tyto dva nenajdete.

Státní fond životního prostředí občas vypisuje dotační programy i na tepelná čerpadla. V tomto roce (2013) jsou dotace na pořízení TČ poskytovány pouze tehdy, když TČ nahrazuje kotel na tuhá paliva ve starém objektu. Ale i bez dotace má tepelné čerpadlo výbornou návratnost. Ceny tepelných čerpadel šly v posledních letech hodně dolů hlavně z toho důvodu, že klesá tepelná ztráta objektů vlivem kvalitnějších materiálů a požadavků vysokých tepelně-izolačních vlastností ze strany norem. S klesající tepelnou ztrátou šly samozřejmě ruku v ruce požadavky na velikost TČ.

Návratnost tepelných čerpadel je tím větší, čím více vyrobí tepla a čím více rostou ceny energií. Už dnes se tepelná čerpadla mohou instalovat v monovalentním režimu pokud mají tepelnou ztrátu do 10 kW. Tímto směrem dle mého úsudku bude směřovat většina instalací právě z důvodu zvyšujících se cen energií.

V ekonomice TČ jsou často diskutovány také různé instalace jako je zapojení TČ se solárními kolektory. Tyto instalace se většinou nevyplatí, jelikož náklady na pořízení solárů a jejich krátká životnost významně prodlužují dobu návratnosti a pokud nám provoz TČ+soláru ročně uspoří 2-3 tis. Kč ve srovnání s provozem samotného TČ, tak nemá opravdu cenu toto zapojení uvažovat. To samé platí i o krbové teplovodní vložce. Mnohem méně investičně nákladná je instalace vzduchové krbové vložky a svůj účel živého tepla splní.[34]

## **A.9 Závěr**

V několika kapitolách jsem se pokusil shrnout problematiku tepelných čerpadel. Nejsou zde však zodpovězeny všechny otázky týkající se různých zapojení, vzájemnou kombinací s technologickými procesy atd. Jinými slovy, studium tepelných čerpadel je disciplínou v širokém spektru a je jen na nás, jak moc se o nich chceme dozvědět a naučit se je správně projektovat v různých odvětvích a přispět tak k čistějšímu prostředí okolo nás.

## **B. Výpočtová část**

## **B.1 Analýza objektu**

Bakalářská práce se zabývá vytápěním rodinného domu pomocí tepelného čerpadla (TČ) typu země-voda od firmy IVT. Zdrojem nízkopotenciálního tepla bude hlubinný vertikální vrt. Objekt návrhu se nachází v oblasti Novohradských hor v jižních Čechách, konkrétně v obci Dobrá Voda.

Objekt je postaven na parcele 3462/67. Parcela je z jižní strany přístupná z komunikace Antonínská a ze západní strany z příjezdové komunikace k objektům severně od zmiňované parcely.

Hlavní obytná budova má dvě nadzemní podlaží a stojí na půdorysu tvaru „L“, je spojena otevřeným přístřeškem pro automobil s garáží. Dům je napojen na veřejnou kanalizaci, vodovod a elektrickou síť ze západní strany parcely. Objekt je postaven na základových pasech a patkách z prostého betonu C12/15 založených v hloubce 1,07-1,45 m. Dále následuje podkladní betonová deska, která je provedena přes základové pasy z betonu C20/25. Deska je vyztužena při spodním okraji Kari-sítěmi. Pod příčkami a krbem jsou taktéž provedeny výztuhy pomocí Kari-sítí s přesahy 400 mm při horním i dolním okraji. Podlaha je zateplena polystyrenovými deskami tloušťky 120 mm.

Systém objektu je zděný, kompletně vyzděný z prvků Heluz tloušťky 500, 250 a 150 mm. Jako výplně otvorů jsou použity plastová okna a dveře. Stěny jsou omítnuty zvenku vapenocementovou omítkou a z vnitřku omítkou vápennou.

Strop je vyřešen pomocí keramických nosníků a vložek Heluz. Zateplení stropu (střechy) je provedeno z polystyrenu Styrotrade EPS 150S. Plochá střecha s geotextílií a plavenými oblázky. Celková podlahová plocha objektu činí 322 m<sup>2</sup>.

Rodinný dům je plánován pro potřebu 4 až 5-ti lidí. Nachází se zde klasické uspořádání místností od obývacích pokojů přes kuchyň a koupelen až po technickou místnost. Větrání všech místností je přirozené, s občasným použitím digestoře během vaření a také malého ventilátoru v koupelnách.

V objektu je navržena teplovodní, nízkoteplotní, dvoutrubková a uzavřená otopná soustava s nuceným oběhem vody. Koncovými prvky soustavy jsou desková otopná tělesa Korado s termostatickými ventily a hlaviciemi. Potrubní rozvod v domě je řešen zaizolovaným měděným potrubím. Zdrojem tepla pro vytápění a ohřev teplé vody bude tepelné čerpadlo (TČ) typu země-voda od firmy IVT. TČ je zapojeno v bivalentním provozu s elektrokotlem, který bude TČ pomáhat při nižších teplotách venkovního vzduchu. Součástí instalace TČ a zároveň zdrojem nízkopotenciálního tepla bude směs lihu a vody naplněný vertikální hlubinný vrt o hloubce 110 m, vyhloubený v severovýchodní části parcely. Potrubí od vrtu bude v kotelně a v blízkosti domu zaizolováno kaučukovou izolací Armaflex AC pro zamezení kondenzace vzdušné vlhkosti na potrubí. Součástí instalace k tepelnému čerpadlu je dále i akumulční nádrž a standardní vybavení kotelny jako pojistné ventily a expanzní nádoby.

Ohřev vody je plánován pro 4 obyvatele objektu. Zdrojem teplé vody je opět TČ s vestavěným bojlerem o kapacitě 185 litů a s přednostním ohřevem teplé vody. Tento objem bude potřebě 4-člené rodiny plně postačovat. Přechod mezi režimem vytápění těles a bojleru je řízen regulací REGO 1000 přes trojcestný ventil.

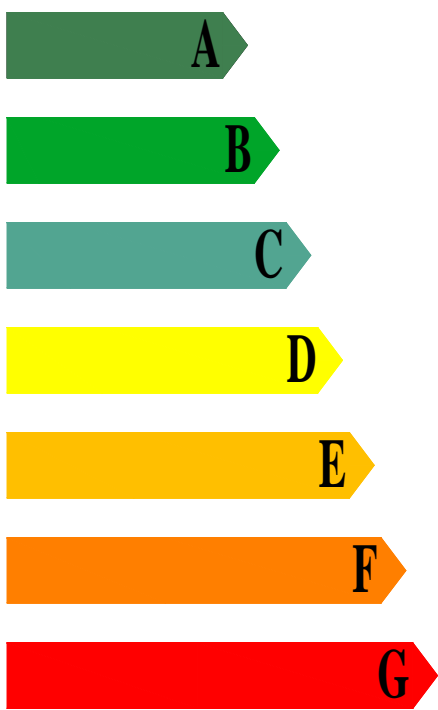

## **B.2 Výpočet tepelného výkonu**

Výpočet jsem provedl dle normy ČSN EN 12 831 *Tepelné soustavy v budovách- výpočet tepelného výkonu*. Jednotlivé kroky výpočtu jsou zřejmé z tabulek na následujících stránkách. Jako první jsem uvedl výpočet součinitelů prostupu tepla (*Příloha P1*) a posléze také výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností (*Příloha P2*).

### B.3 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

#### PROTOKOL K ENERGETICKÉMU ŠTÍTKU OBÁLKY BUDOVY

(zpracovaný podle ČSN 73 0540-2/2011)

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Ubytovna pro manažery Brno				Hodnocení obálky budovy		
Celková podlahová plocha $A_e = 1447,94 \text{ m}^2$				stávající	doporučení	
CI	Velmi úsporná					
0,5						
0,75						
1,0						
1,5						
2,0						
2,5						
M						
neobvykle neúsporná						
klasifikace				B		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em}$ ve $W/(m^2.K)$ $U_{em} = H_T/A$				0,20	-	
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 730540-2 $U_{em,N}$ ve $W/(m^2.K)$				0,38	-	
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty $U_{em}$						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,0	2,50
$U_{em}$	0,19	0,285	0,38	0,57	0,76	0,95
Platnost štítku do				Datum 7.10.2022		

Štítek vypracoval	
-------------------	--

### Identifikační údaje

Druh stavby	Rodinný dům
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Dobrá voda, Na vyhlídce 73, PSČ 374 01
Katastrální území a katastrální číslo	
Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	Jan Novák
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník	Jan Novák
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Dobrá voda, Na vyhlídce 73, PSČ 374 01
Telefon / E-mail	

### Charakteristika budovy

Objem budovy $V$ - vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	713,34 m <sup>3</sup>
Celková plocha $A$ - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	627,4 m <sup>2</sup>
Geometrická charakteristika budovy $A / V$	0,882 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Převažující vnitřní teplota v otopném období $\theta_{\text{m}}$	20 °C
Vnější návrhová teplota v zimním období $\theta_{\text{e}}$	-15,0 °C



### Tabulka zařazení budovy:

Referenční budova (stanovení požadavku)					Hodnocená budova			
Konstrukce	Plocha  A [m²]	U  Požadovaná Hodnota	Redukční Činitel b [-]	Měrná ztráta Prostupem H <sub>T</sub> [W.K <sup>-1</sup> ]	Plocha  A [m²]	Součinitele Prostupu Tepla U [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Redukční Činitel b [-]	Měrná ztráta Prostupem H <sub>T</sub> [W.K <sup>-1</sup> ]
Okna	24,7	1,5	1	37,0	24,7	1,35	1	32,6
Dveře	22,8	1,7	1	38,8	22,8	1,3	1	30,1
Obvodová stěna	281,1	0,3	1	84,3	281,1	0,14	1	39,4
Střecha	149,4	0,24	1	35,9	149,4	0,21	1	31,4
Podlaha na terénu	149,4	0,45	0,43	28,9	149,4	0,3	0,43	19,3
celkem	627,4			224,9	627,4			152,7
Tepelné vazby	627,4x0,02			12,6	627,4x0,02			12,6
Celková měrná ztráta prostupem tepla				237,4	Celková měrná ztráta prostupem tepla			165,2
Průměrný součinitel prostupu tepla	max U <sub>em</sub> pro A/V=0,882			Požadovaná Hodnota	max U <sub>em</sub> pro A/V=0,882			
	237,4/627,4			0,378	165,2/627,4			0,263
	75% z požadované hodnoty			Doporučená				
				0,284				
Klasifikační třída obálky budovy				0.263/0.378=	0.697	Třída B-Úsporná		

### Stanovení prostupu tepla obálkou budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H <sub>T</sub>	W/K	165,2
Průměrný součinitel prostupu tepla U <sub>em</sub> = H <sub>T</sub> / A	W/(m <sup>2</sup> .K)	0,263
Doporučený součinitel prostupu tepla U <sub>em, N rc</sub>	W/(m <sup>2</sup> .K)	0,284
Požadovaný součinitel prostupu tepla U <sub>em, N rq</sub>	W/(m <sup>2</sup> .K)	0,378

### Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou hodnocené budovy

Hranice klasifikačních tříd	Klasifikační ukazatel CI pro hranice klasifikačních tříd	U <sub>em</sub> [W/(m <sup>2</sup> .K)] pro hranice klasifikačních tříd	
		Obecně	Pro hodnocenou budovu
A	0,50	0,5. U <sub>em,N</sub>	0,19
B	0,75	0,75. U <sub>em,N</sub>	0,28
C	1,0	1. U <sub>em,N</sub>	0,378
D	1,5	1,5. U <sub>em,N</sub>	0,57
E	2,0	2. U <sub>em,N</sub>	0,76
F	2,5	2,5. U <sub>em,N</sub>	0,95
G	> 2,5	> 2,5. U <sub>em,N</sub>	-

**Klasifikace: B – Úsporná budova**

Datum vystavení energetického štítku obálky budovy: 9.3.2013

Zpracovatel energetického štítku obálky budovy:

IČO:

Zpracoval:

Petr Michal

Podpis:

.....

Tento protokol a energetický štítek obálky budovy odpovídá směrnici evropského parlamentu a rady č. 2002/91/ES a pro EN 15217. Byl vypracován v souladu s ČSN 73 0540-2/2011 a podle projektové dokumentace stavby dodané objednatelem.

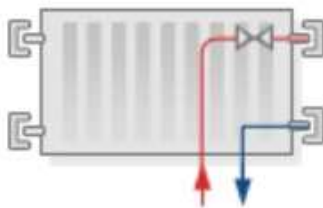
#### **B.4 Návrh otopných ploch**

Vzhledem k předpokládanému systému s tepelným čerpadlem jsem navrhl desková otopná tělesa s tepelným spádem 40/30.

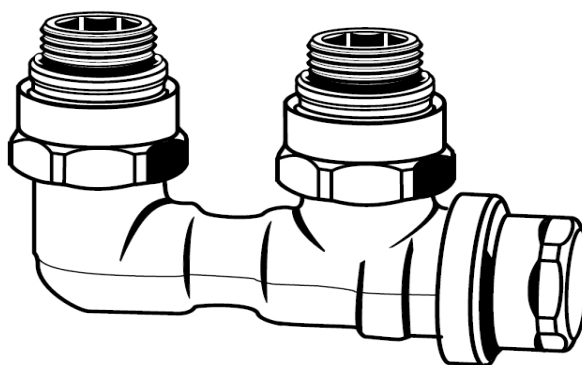
##### **Specifikace otopných těles a jejich příslušenství:**

- deskové otopné těleso **Korado Ventil Kompakt** s pravým dolním připojením, 17 ks
- připojovací rozteč 50 mm
- připojovací závit **6 x G 1/2"** ( vnitřní ), úhel závitů 55°
- navrhuji rohové připojovací šroubení **Vekolux 1/2" x 3/4"**, poniklovaný bronz, 17 ks
- navrhuji **svěrné šroubení pro měděné potrubí Cu 15 x 1**, poniklovaný bronz, 17 ks
- navrhuji termostatickou hlavici **EBERLE TRV 4**, 15 ks
- navrhuji ruční hlavici **Danfoss RA 5003 M 30x1.5**, 2ks

Pravé spodní připojení tělesa:



Připojovací šroubení Vekolux:



Svěrné šroubení pro Cu 15 x 1:



Termostatická hlavice EBERLE TRV 4:



Ruční hlavice Danfoss RA 5003 M 30 x 1.5:



Výpis těles KORADO VK z programu:

Návrh otopných těles jsem provedl v programu KORADO, kdy jsem navrhoval tělesa na teplotní spád 40/30 s příslušnými součiniteli  $\phi = 0,9$  pro umístění tělesa o 90° oproti oknu a  $\phi = 0,95$  při umístění tělesa vůči oknu na protější stěnu.

Vypis pro okruh c. 1							
Mistnost cislo popis	Soustava teplota oC oC/oC	Otopne teleso --	delka mm	vodni objem dm3	tepelny vykon W		
102 SATNA	15 40/30	11-090140-60-VK	1400	6.0	569		
103 CHODBA	20 40/30	11-090100-60-VK	1000	4.3	272		
105 WC	20 40/30	10-090080-60-VK	800	3.4	139		
106 KOUPELNA	24 40/30	33-090140-60-VK	1400	17.6	537		
106 KOUPELNA	24 40/30	33-090060-60-VK	600	7.6	207		
107 POKOJ PRO HOSTY	20 40/30	33-090180-60-VK	1800	22.7	996		
108 JIDELNA A KUCHYN	20 40/30	33-090180-60-VK	1800	22.7	996		
108 JIDELNA A KUCHYN	20 40/30	33-090230-60-VK	2300	29.0	1344		
201 CHODBA 2.N.P.	20 40/30	10-090230-60-VK	2300	9.9	398		
201 CHODBA 2.N.P.	20 40/30	10-090230-60-VK	2300	9.9	398		
202 LOZNICE	20 40/30	33-090160-60-VK	1600	20.2	984		
203 SATNA	15 40/30	11-050090-60-VK	900	2.4	227		
204 KOUPELNA 2.N.P.	24 40/30	33-090080-60-VK	800	10.1	307		
204 KOUPELNA 2.N.P.	24 40/30	33-090060-60-VK	600	7.6	207		
205 PRACOVNA	20 40/30	11-090120-60-VK	1200	5.2	326		
206 DETSKY POKOJ	20 40/30	33-090140-60-VK	1400	17.6	861		
109 OBYVACI POKOJ	20 40/30	33-090260-60-VK	2600	32.8	1439		
Otopne teleso							
--	vyska mm	delka mm	cena Kc/ks	Celkem pocet kusu	Celkem cena Kc	vodni objem dm3	tepelny vykon W
11-050090-60-VK	500	900	2681	1	2681	2.4	227
10-090080-60-VK	900	800	2953	1	2953	3.4	138
10-090230-60-VK	900	2300	5041	2	10082	19.8	796
11-090100-60-VK	900	1000	3958	1	3958	4.3	271
11-090120-60-VK	900	1200	4352	1	4352	5.2	325
11-090140-60-VK	900	1400	4751	1	4751	6.0	568
33-090060-60-VK	900	600	6203	2	12406	15.1	414
33-090080-60-VK	900	800	7123	1	7123	10.1	306
33-090140-60-VK	900	1400	9881	2	19762	35.3	1397
33-090160-60-VK	900	1600	10801	1	10801	20.2	983
33-090180-60-VK	900	1800	11720	2	23440	45.4	1992
33-090230-60-VK	900	2300	14017	1	14017	29.0	1343
33-090260-60-VK	900	2600	15397	1	15397	32.8	1438
Celkem	okruh c. 1			17	131723	228.9	10198
Celkem	objekt			17	131723	228.9	10198

## B.5 Návrh zdroje tepla

### L.) Návrh tepelného čerpadla

Otopná soustava 40/30

Tepelná ztráta 9,24 kW při  $t_e = -15^\circ\text{C}$

Ohřev TV pro 4 osoby :

uvažuji navýšení výkonu 0,2 kW na osobu  $\Rightarrow +Q_{tv} = 4 \cdot 0,2 = 0,8 \text{ kW}$

Potřebný výkon kotelny činí:

$Q_{potf} = Q_c + (+Q_{tv}) = 9,24 + 0,8 = 10,04 \text{ kW}$

Navrhuji TČ systém země-voda, proto volím výkon TČ mezi 60-80% výkonu kotelny: 6,02- 8,03 kW  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  navrhuji TČ: **IVT GREENLINE HE C7**;

-topný výkon  $Q_{ic} = 7,2 \text{ kW}$ , příkon  $P_k = 1,7 \text{ kW}$  a COP = 4,2 při podmínkách 0/35;

- vestavěný zásobník TV 185 litrů
- elektrokotel je nastaven na výkon 3 kW
- přednostní ohřev teplé vody
- navrhuji monoenergetické bivalentní zapojení s vestavěným elektrokotlem

## 2.)Určení bodu bivalence (BB):

Pro určení BB jsem zaprvé zjistil ekvitermní křivku:

Vstupní parametry:

- otopná soustava 40/30; desková tělesa
- výpočtová venkovní teplota vzduchu  $t_e = -15\text{ °C}$
- převažující vnitřní teplota vzduchu  $t_i = 20\text{ °C}$

Použité vzorce:

teplotní rozdíl:  $\Delta t = (t_{w1max} - t_{w2max}) \cdot (t_e - t_i) / (t_{emin} - t_i) \text{ [K]}$

střední teplota otopné vody:  $t_m = t_i + \{ [(t_{w1max} - t_{w2max}) / 2] - t_i \} \cdot [(t_e - t_i) / (t_{emin} - t_i)]^{(1/n)} \text{ [°C]}$

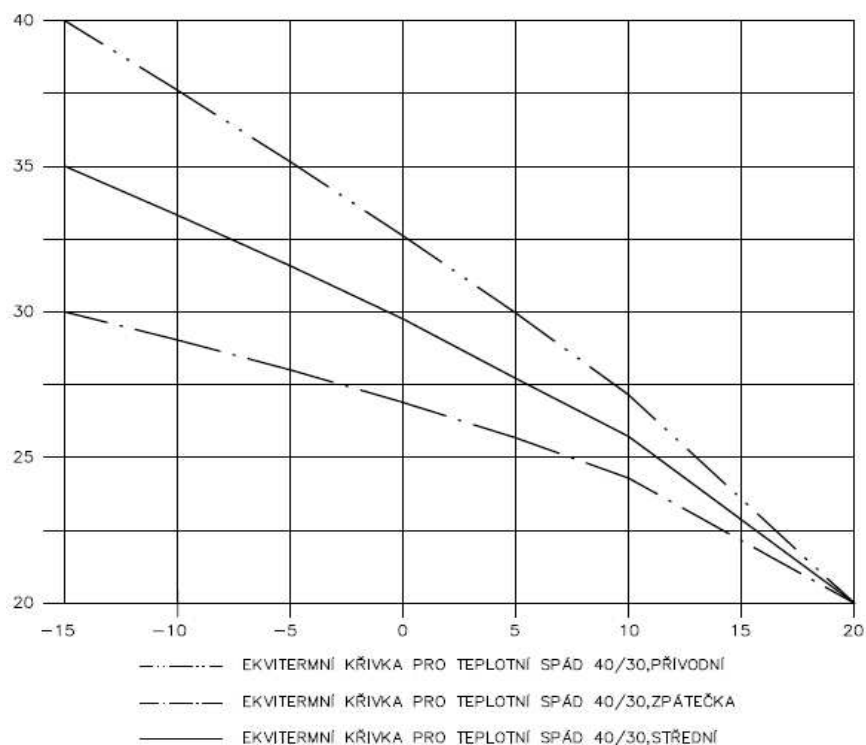
teplota přívodní otopné vody:  $t_{w1} = t_m + 0,5 \cdot \Delta t \text{ [°C]}$

teplota zpáteční otopné vody:  $t_{w2} = t_m - 0,5 \cdot \Delta t \text{ [°C]}$

Vypočítané hodnoty jsem pro lepší přehlednost uvedl do tabulky:

$t_e \text{ [°C]}$	-15	-10	-5	0	5
$t_{w1} \text{ [°C]}$	40	37,61	35,15	32,61	29,96
$t_m \text{ [°C]}$	35	33,32	31,58	29,75	27,82
$t_{w2} \text{ [°C]}$	30	29,04	28,01	26,89	25,67
$\Delta t \text{ [K]}$	10	8,57	7,14	5,71	4,29

Ekvitermní křivka TČ:



Výkonovou křivku TČ jsem sestavil z údajů od výrobce, které jsou v následující tabulce:

Parametry změřené dle normy EN 14511

	Teplota primár	0°
Teplota sekundár		
Výstup 35°	Topný výkon	7,20
	Chladicí výkon	5,50
	Elektrický příkon	1,70
	COP	4,2
Výstup 45°	Topný výkon	6,60
	Chladicí výkon	4,60
	Elektrický příkon	2,00
	COP	3,3

Výkon tepelného čerpadla  $Q_t=7,2$  kW při podmínkách 0/35 jsem uvažoval konstantní, což je standardní postup u navrhování TČ systému země-voda. V praxi se osvědčilo používat při návrhu výkonové parametry TČ u soustavy 45/35 při podmínkách 0/35. Navrhovaná soustava má teplotní spád 40/30, uvažuji u ní tedy také s parametry pro podmínky 0/35.

Průběh tepelné ztráty jsem stanovil s pomocí dvou bodů:

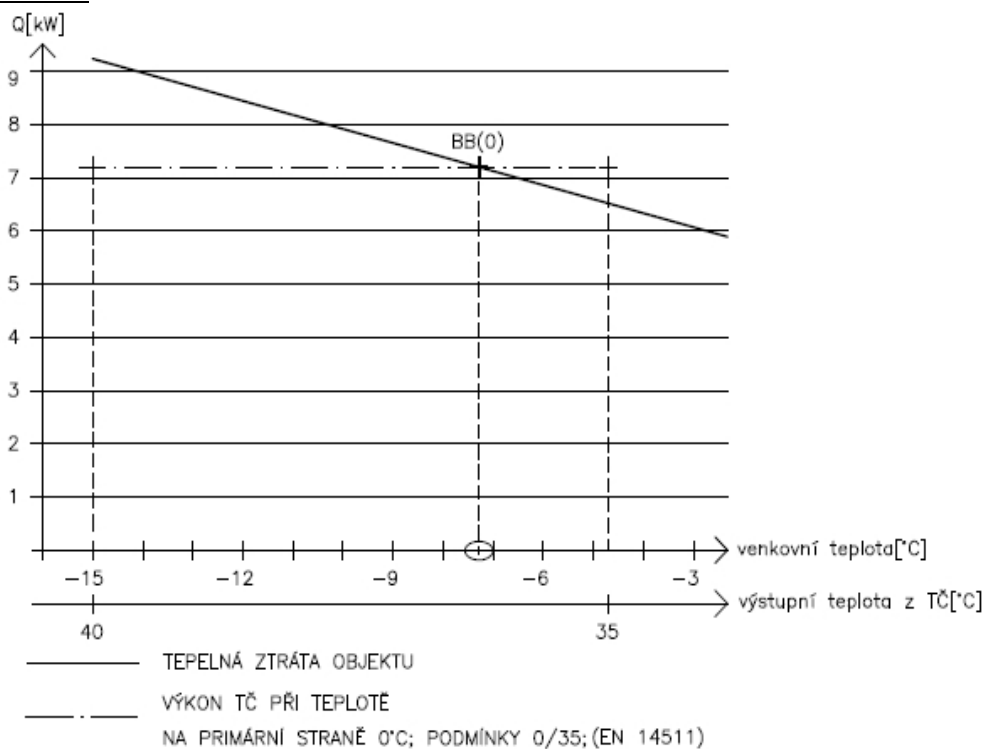
/	Q [kW]	$t_e$ [°C]
bod 1	9,24	-15
bod 2	0	20

Q [kW] je tepelná ztráta objektu

$t_e$  [°C] je výpočtová venkovní teplota

Tepelnou ztrátu objektu při -15 °C dokládá „Výpočet tepelného výkonu“. Tepelnou ztrátu objektu při 20 °C jsem uvažoval nulovou.

Určení bodu bivalence:



Bod bivalence dle grafu vychází přibližně -7 °C. Od této teploty bude připínán vestavěný elektrokotel o nastaveném výkonu  $Q_{EK}=3$  kW.

Celkový topný výkon kotelný:

$$Q_K = Q_{t\epsilon} + Q_{EK} = 7,2 + 3 = \underline{10,2 \text{ kW}}$$

Celkový elektrický příkon kotelný:

$$P_K = P_k + P_{EK} = 1,7 + 3 = \underline{4,7 \text{ kW}}$$

Vzhledem k tomu, že v soustavě jsou navrženy termostatické hlavice, jejichž zásahy, nebo i zásahy uživatele uzavíráním těles by mohly snížit průtok soustavou natolik, že by docházelo k přehřívání oběhového čerpadla a hlášením poruchy TČ, případně jeho cyklování, bylo nutné navrhnout akumulátor.

Dle doporučení výrobce  $10 \div 20 \text{ l/kW}$  špičkového výkonu TČ:  $Q_K * 20 = 10,2 * 20 = 204 \text{ l}$

Minimální objem akumulátoru:

$$Q_K * 20 = 10,2 * 20 = 204 \text{ l} \Rightarrow \text{volím nejbližší vyšší rozměr } \textbf{IVT BC 300/3, objem 300 l}$$

### 3.) Dimenzování primárního okruhu tepelného čerpadla:

Chladicí výkon TČ:

$$Q_{ch} = Q_t - P = 7200 - 1700 = \underline{5500 \text{ kW}}$$

Hloubka vrtu:

-uvažuji měrný výkon jímání  $q_{vrt} = 50 \text{ W/m}$  (normální pevná hornina nebo vodou nasycený sediment)

$$H = Q_{ch} / q = 5500 / 50 = \underline{110 \text{ m}}$$

Ověření ročních provozních hodin TČ:

$$h = \frac{Q_r}{Q_k} = \frac{23170}{10,2} = 2272 \text{ hod / rok}$$

$Q_r$ ..... potřeba tepla pro vytápění a teplou vodu [kWh]

$Q_k$ ..... výkon TČ+ elektrokotle [kW]

$h < 2400 \text{ hodin / rok}$  ... počet provozních hodin nesmí být vyšší než 2400 hodin/rok  $\Rightarrow$  **vyhovuje!!**

Primární okruh TČ jsem navrhl z mědi (kotelna) a materiálu PE 100 RC (exteriér). Jednotlivé komponenty v kotelně (kulové kohouty, plnicí sestava, expanzní nádoba,...) jsou dodány firmou IVT a jsou v ceně tepelného čerpadla. Vrt, vodorovnou část ke kotelně a přechod PE potrubí na měděné potrubí a všechny tvarovky budou dodány firmou Gerotop. Vrt o průměru 170 mm bude zainjektován injektážní směsí Stuwatherm Z. Vrt je navržen pro splnění požadavků hydrogeologa a také Povodí Vltavy (viz. Technická zpráva).

Celkový sumář položek vrtu:

Položka vrtu	počet kusů	l [m]	objem [l]
Vrt 4x32+2 x U-koleno	1	448	-
litinové závaží	1	-	-
vymezovací díly	37	-	-
injektážní směs Stuwatherm	-	-	2610
Redukce počtu větví	2	-	-
potrubí 40x3,7 PE100RC (50 m)	1	50	-
elektrotvarovka 40x3,7	2	-	-
přechod PE-Cu	2	-	-
trasová folie vodorovné části	1	-	-
izolace Armaflex AC pro měď	-	10	-
izolace Armaflex AC pro PE 100	-	10	-
měděné potrubí 35x1,5 – kotelna	-	10	-
propylenglykol	-	-	96

## B.6 Stanovení velikosti zásobníku teplé vody

Odběrná místa: 1×dřez; 2×sprcha; 4×umyvadlo

Celkový počet osob  $n = 4$

Poměrná ztráta při ohřevu a distribuci  $z = 0,3$

teplota studené vody  $t_{sv}=10\text{ }^{\circ}\text{C}$

teplota teplé vody  $t_{tv}=55\text{ }^{\circ}\text{C}$

$V_{2p} = 0,07\text{ m}^3/\text{osoba} \cdot \text{den}$  (dle projektantů IVT možné uvažovat i 60 l/osobu, 70 l/osobu je jistota)

Denní potřeba TV:

$$V_{2x} = 4 \cdot 0,07 = 0,28\text{ m}^3/\text{den}$$

Teplo odebrané:

$$Q_{2t} = 1,163 \cdot V_{2x} \cdot (t_{tv} - t_{sv}) = 1,163 \cdot 0,28 \cdot 45 = 14,65\text{ kWh}$$

Teplo ztracené:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot Z = 14,65 \cdot 0,3 = 4,4\text{ kWh}$$

Potřeba tepla celkem:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 14,65 + 4,4 = 19,05\text{ kWh}$$

Časové rozložení odběru teplé vody:

1.) 5-17 hodin 35%

2.) 17-20 hodin 50%

3.) 20-24 hodin 15%

Tabulka časového rozložení odběru teplé vody:

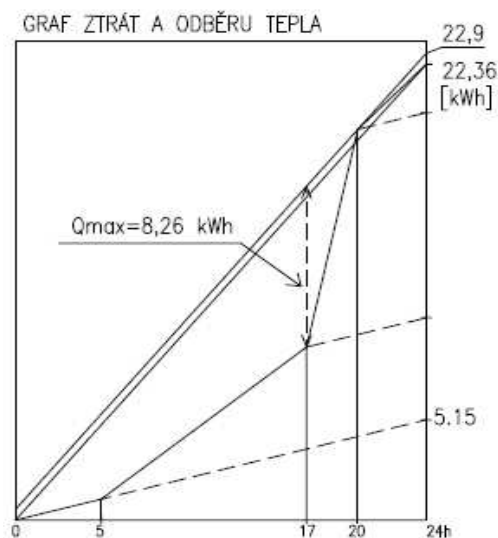
doba	%	Teplo odebrané [kWh]	Teplo celkem [kWh]
15-17 hodin	35	6,0095	7,826
17-20 hodin	50	8,585	11,18
20-24 hodin	85	2,5755	3,354
$\Sigma$ celkem	100	17,17	22,36

Velikost zásobníku teplé vody:

$$V_z = Q_{\max}/(1,163 \cdot \Delta t) = 8,26/(1,163 \cdot 45) = 0,1578\text{ m}^3 = 157,8\text{ l} \approx 158\text{ l}$$

V tepelném čerpadle je instalován zásobník TV o objemu 185 l  $\Rightarrow 185\text{ l} > 158\text{ l} \Rightarrow$  **Vyhovuje!!!**

Vykreslení grafu dodávky a odběru tepla:



## **B.7 Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí**



### Teorie výpočtu:

Rychlost vody v potrubí jsem volil do 0,5 m/s v kotelně a u otopných těles jsem se s rychlostmi pohyboval v mezích 0,03÷0,26 m/s. Použil jsem dimenzační tabulky pro měděné potrubí při střední teplotě vody  $t = 40^\circ\text{C}$ . Tlakovou ztrátu potrubí jsem vypočítal jako součet tlakové ztráty třením a vřazenými odpory (viz. tabulka). Jako okruh s největší tlakovou ztrátou jsem stanovil a potvrdil výpočtem pro těleso 33VK-900/800 v místnosti č. 107. U tohoto tělesa jsem uvažoval se stupněm přednastavení termostatického ventilu „6“ (plné otevření). U ostatních těles jsem přebytečný tlak seškrtil pomocí těchto ventilů na dalších tělesech. Polohu přednastavení ventilu jsem volil dle tlaku, který bylo potřeba seškrtit v závislosti na průtoku média s využitím dimenzačního grafu firmy Korado na jejich webových stránkách.

### Tlaková ztráta třením:

$$\Delta p_{zt} = R \cdot L \quad [\text{Pa}]$$

R....tlakový spád [Pa/m]

L.....délka úseku [m]

### Tlaková ztráta vřazenými odpory:

$$Z = \sum \xi \frac{\rho w^2}{2} \quad [\text{Pa}]$$

$\xi$  ....součinitel vřazeného odporu [-]

$\rho$ ..... hustota vody = 1000 kg/m<sup>3</sup>

w.....rychlost vody v potrubí [m/s]

### Celková tlaková ztráta úseku (okruhu):

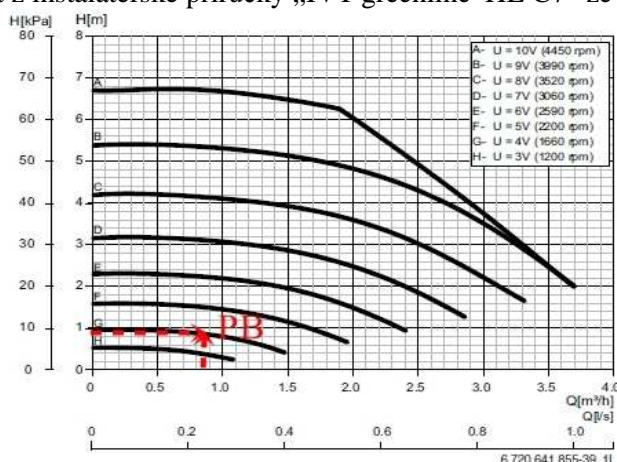
$$\Delta p_{zt} + Z = \Delta p_c \quad [\text{Pa}]$$

## **1.) Dimenzování sekundárního okruhu:**

Tabulky dimenzování v **Příloze P3**, dimenzační schéma v **Příloze P4**

### Graf oběhových čerpadel WILO PARA 25; 130 mm; 230 V

- Výše zmíněné oběhové čerpadlo je použito jak mezi TČ a akumulátorem (TČ-AK), tak i mezi akumulátorem a otopnými tělesy (AK-OT). V grafu níže je vynesena pracovní bod PB pro okruh (AK – OT) pomocí tlakové ztráty okruhu mezi akumulátorem a otopnými tělesy  $\Delta p_c = 9,12 \text{ kPa}$  a objemového průtoku přes akumulátor  $V = 0,877 \text{ m}^3/\text{h}$ . Pro malou tlakovou ztrátu okruhu (TČ-AK) jsem nevynášel PB tohoto okruhu, objemový průtok je shodný s okruhem (AK – OT). Vestavná oběhová čerpadla jsou elektronicky řízená. Graf je převzat z instalátérské příručky „IVT greenline HE C7“ ze strany č. 22.



vestavné oběhové čerpadlo WILO PARA 25 **vyhovuje!**

## **2.) Dimenzování primárního okruhu- VRT**

Dimenzování vrtu jsem provedl podobným způsobem jako u sekundární části, ale více jsem se věnoval ztrátě třením (viz. postup).

Postup výpočtu tlakové ztráty třením:

1.) Reynoldsovo číslo Re

$$Re = w \cdot d / \nu \quad [-]$$

w... rychlost proudění kapaliny [m/s]

d... vnitřní průměr potrubí [m]

$\nu$  .. viskozita kapaliny; voda  $\nu = 1,79 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

2.) Součinitel tření  $\lambda$

$$\lambda = 0,316 / Re \quad [-]$$

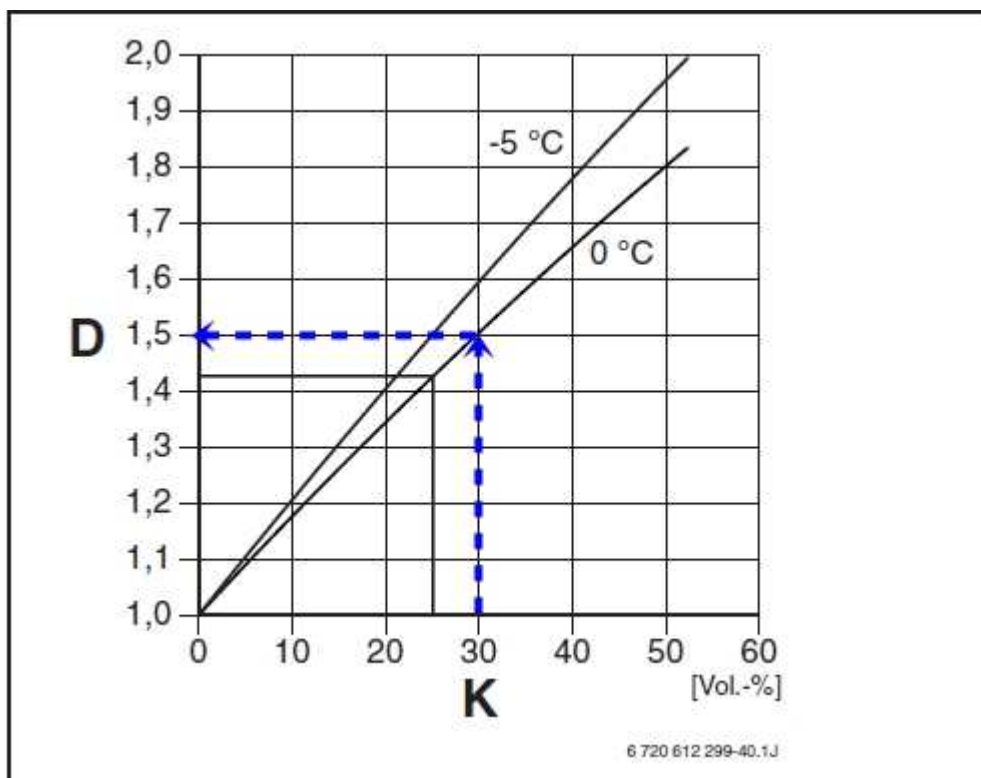
3) Tlaková ztráta třením:

$$\Delta p_{zt} = (\lambda \cdot l \cdot \rho \cdot w^2) / (2 \cdot d) \quad [\text{Pa}]$$

$\rho$ .... hustota vody při 0 °C je 1000,3 kg/ m<sup>3</sup>

Dále jsem vypočítal tlakovou ztrátu vřazenými odpory jako v sekundárním okruhu a získal tak celkovou tlakovou ztrátu, která je vypočtena pro médium voda při 0 °C. Z podkladů výrobce IVT jsem tedy odečetl z grafu "Faktor relativní tlakové ztráty" při 30% -ní koncentraci směsi při teplotě 0 °C (viz. graf níže). Faktor slouží jako převodní mechanismus tlakové ztráty z média voda na nemrznoucí směs propylenglykol.

Graf faktoru relativní tlakové ztráty:



D .... faktor relativní tlakové ztráty

K.....koncentrace nemrznoucí kapaliny

Z grafu odečten faktor relativní tlakové ztráty  $D = 1,5$  při koncentraci směsi 30 %.

Celý výpočet tlakové ztráty je zřejmý z následující tabulky:

TABULKA VÝPOČTU TLAKOVÉ ZTRÁTY PRIMÁRNÍHO OKRUHU PRO TEPELNÉ ČERPADLO  
IVT GREENLINE HE C7

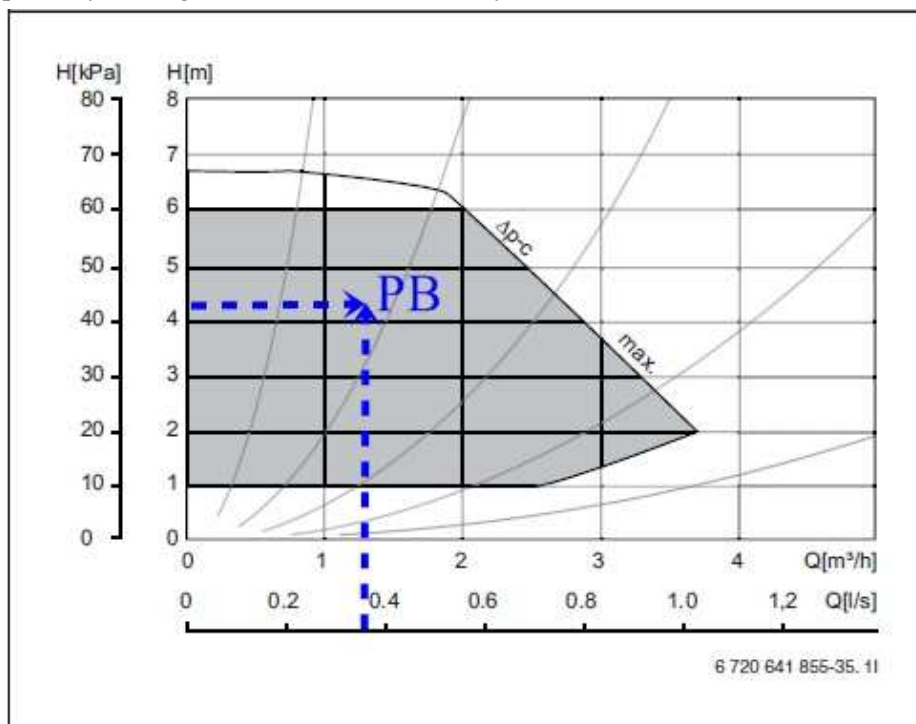
Úsek	Dimenze Dxt	Průtok V [ $\cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ]	Plocha průřezu [ $\cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ ]	Rychlost w [m/s]	Reynoldsovo číslo Re	$\lambda$ Součinitel tření	délka l [m]	$\Delta p_{zt}$ [Pa]	$\Sigma \xi$	$\Delta p_{\xi}$ [Pa]	$\Delta p_{zt} + \Delta p_{\xi}$ [kPa]
1-Cu	35x1,5	0,38	8,04	0,473	8456	0,033	10	1154	12,2	1367	2,5
2-PE	40x3,7	0,38	8,34	0,4555	8296	0,0331	45	4742	8	1107	5,8
3-PE	32x2,9	0,19	5,39	0,353	5167	0,037	224	19671	0	0,5	19,7
TLAKOVÁ ZTRÁTA PRO MEDIUM VODA PŘI 0°C											28,0
PŘENÁSOBENÍ KOREKČNÍM FAKTOREM D=1,5 (30%-ní KONCENTRACE PŘI 0°C), PODKLADY IVT											42,1
$\Sigma \xi_1 = (4 \times \text{KOLENO } 90^\circ + 2 \times \text{TKK} + \text{FILTR} + 2 \times \text{PŘECHOD}) = 4 \times 1,3 + 2 \times 2 + 2 \times 0,5 = 12,2$ $\Sigma \xi_2 = (4 \times \text{ELEKTROVAROVKA} + 2 \times \text{KOLENO } 90^\circ + 2 \times \text{REDUKCE PO ČTU VĚTVÍ}) = 4 \times 1 + 2 \times 1 + 2 + 1 = 8$ $\Sigma \xi_3 = \text{NEUVAŽUJI SOUČINITEL, ALE PRO VRATNÉ U-koleno MUSÍ PLATIT MAXIMÁLNÍ TLAKOVÁ ZTRÁTA 1 kPa PŘI RYCHLOSTI 1 m/s. RYCHLOST VE VRTU } W = 0,353 \text{ m/s} \Rightarrow \text{tlaková ztráta } 0,353 \text{ kPa, volím jistější hodnotu } 0,5 \text{ kPa}$ JEDNOTLIVÉ HODNOTY $\xi$ PŘEVZATY Z PŘEDNÁŠEK PANÍ Ing. Marcely Počinkové Ph.D.											

Poznámka k tabulce:

Průtok nemrznoucí směsi vrtem jsem uvažoval jako jmenovitý průtok uvedený výrobcem  $V = 0,38 \text{ l/s}$ .  
Průtok je uveden v „Instalační příručce HE C7“ na straně 21. Dimenzační schéma v **Příloze P5**.

Graf oběhového čerpadla WILO PARA 25; 180 mm; 230 V

-v grafu níže je vynesena pracovní bod (PB) pomocí tlakové ztráty vrtu  $\Delta p_{\zeta} = 42,1$  kPa a objemového průtoku přes tepelné čerpadlo  $V = 0,38$  l/s. Vestavěné oběhové čerpadlo je elektronicky řízené. Graf je převzat z instalátérské příručky „IVT greenline HE C7“ ze strany č. 22.



Oběhové čerpadlo WILO PARA 25 **vyhovuje!**


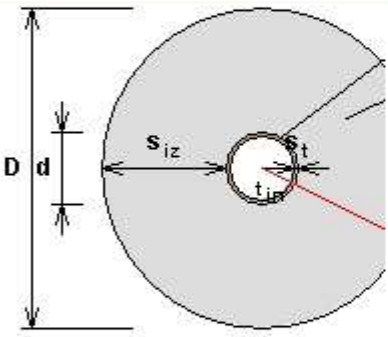
## B.8 Návrh tepelných izolací

Návrh tepelných izolací jsem provedl ze dvou hledisek - kondenzace


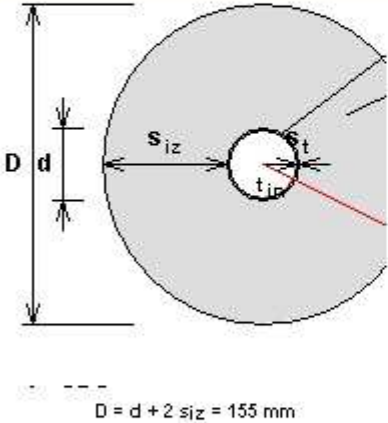
–tepelná ztráta

Výpočet jsem provedl dle vyhlášky č 193/3007 s pomocí výpočetního programu na stránkách tzb-info.cz .

Výpočet tepelné ztráty potrubí pro měděné potrubí Cu 22x1


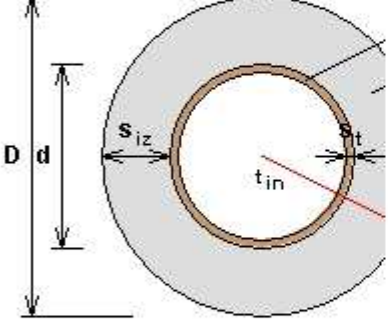
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <b>Izolace - podrobné technické informace</b>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">             ROCKWOOL &gt; PIPD/PIPO ALS           </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Rozměry izolace - tl. 40</span> <span>▼</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Tloušťka</span> <span>si<sub>z</sub> = 40 mm</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Souč. tepelné vodivosti λ<sub>iz</sub> =</span> <span>0.036 W / m K</span> </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>Trubka</b>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">             -- Vlastní hodnoty --           </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Rozměry trubky</span> <span></span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Průměr</span> <span>d = 22 mm</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Tloušťka stěny</span> <span>s<sub>t</sub> = 1 mm</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Souč. tepelné vodivosti λ<sub>t</sub> =</span> <span>372 W / m K</span> </div> </div>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Řezaná potrubní pouzdra z minerální vlny pro izolaci potrubních rozvodů, kaširovaná hliníkovou fólií.</p> <p><i>Obsah provozních teplot: od 15 °C do 250 °C</i></p>
<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><math>D = d + 2 s_{iz} = 102 \text{ mm}</math></p>	<div> <b>Potrubí</b>        Teplota média <span style="float: right;">t<sub>in</sub> = 40 °C</span>        Teplota v okolí potrubí <span style="float: right;">t<sub>out</sub> = 20 °C</span>        Relativní vlhkost vzduchu <span style="float: right;">rh = 65 % ???</span>        Teplota rosného bodu <span style="float: right;">t<sub>w</sub> = 13.8 °C</span>          Součinitel přestupu tepla        na vnějším povrchu <span style="float: right;">α<sub>e</sub> = 10 W / m<sup>2</sup> K</span>          Délka potrubí <span style="float: right;">l = 1 m</span> </div>
Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)	DN 10 - DN 15 ⇒ U <sub>0,193/2007</sub> = 0.15 W / m K
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí	U <sub>0</sub> = 0.141 ≤ 0.15 W / m K ⇒ VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007
Povrchová teplota izolovaného potrubí	t <sub>p,iz</sub> = 20.9 °C > t <sub>w</sub> ⇒ na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci
Tepelná ztráta potrubí bez izolace	q <sub>p</sub> = 13.8 W/m
Tepelná ztráta potrubí s izolací	q <sub>iz</sub> = 2.8 W/m
Energetická úspora izolovaného potrubí	80 %
Střední spotřeba izolace	0.1948 m <sup>2</sup> - platí pro plošnou izolaci

# Výpočet tepelné ztráty potrubí pro měděné potrubí Cu 35x1,5

<p><b>Izolace - podrobné technické informace</b></p> <p>ROCKWOOL &gt; PIP0/PIPO ALS</p> <p>Rozměry izolace - tl. 60</p> <p>Tloušťka <math>s_{iz} = 60</math> mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti <math>\lambda_{iz} = 0.036</math> W / m K</p>	 <p>Řezaná potrubní pouzdra z minerální vlny pro izolaci potrubních rozvodů, kaširovaná hliníkovou fólií.</p> <p>Rozsah provozních teplot: od 15 °C do 250 °C</p>
<p><b>Trubka</b></p> <p>-- Vlastní hodnoty --</p> <p>Rozměry trubky</p> <p>Průměr <math>d = 35</math> mm</p> <p>Tloušťka stěny <math>s_t = 1.5</math> mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti <math>\lambda_t = 372</math> W / m K</p>	<p><b>Potrubí</b></p> <p>Teplota média <math>t_{in} = 40</math> °C</p> <p>Teplota v okolí potrubí <math>t_{out} = 20</math> °C</p> <p>Relativní vlhkost vzduchu <math>\phi = 65</math> % ???</p> <p>Teplota rosného bodu <math>t_w = 13.6</math> °C</p> <p>Součinitel přestupu tepla</p> <p>na vnějším povrchu <math>\alpha_e = 10</math> W / m<sup>2</sup> K</p> <p>Délka potrubí <math>l = 1</math> m</p>
 <p><math>D = d + 2 \cdot s_{iz} = 155</math> mm</p>	<p>Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007) DN 10 - DN 15 =&gt; <math>U_{0,193/2007} = 0.15</math> W / m K</p> <p>Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí <math>U_0 = 0.147 \leq 0.15</math> W / m K =&gt; VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007</p> <p>Povrchová teplota izolovaného potrubí <math>t_{p,iz} = 20.6</math> °C &gt; <math>t_w</math> =&gt; na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci</p> <p>Tepelná ztráta potrubí bez izolace <math>q_p = 22</math> W/m</p> <p>Tepelná ztráta potrubí s izolací <math>q_{iz} = 2.9</math> W/m</p> <p>Energetická úspora izolovaného potrubí 87 %</p> <p>Střední spotřeba izolace 0.2985 m<sup>2</sup> - platí pro plošnou izolaci</p>



# Výpočet z hlediska možné kondenzace vzdušné vlhkosti pro měděné potrubí Cu 35x1,5

<p><b>Izolace</b></p> <p>-- Vlastní hodnoty --</p> <p>Rozměry izolace</p> <p>Tloušťka <math>s_{iz} = 13</math> mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti <math>\lambda_{iz} = 0.038</math> W / m K</p>	 <p>Rozsah provozních teplot: není uveden</p>
<p><b>Trubka</b></p> <p>-- Vlastní hodnoty --</p> <p>Rozměry trubky</p> <p>Průměr <math>d = 35</math> mm</p> <p>Tloušťka stěny <math>s_t = 1.5</math> mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti <math>\lambda_t = 372</math> W / m K</p>	
 <p><math>D = d + 2 s_{iz} = 61</math> mm</p>	<p><b>Potrubí</b></p> <p>Teplota média <math>t_{in} = 0</math> °C</p> <p>Teplota v okolí potrubí <math>t_{out} = 20</math> °C</p> <p>Relativní vlhkost vzduchu <math>\phi = 65</math> % ???</p> <p>Teplota rosného bodu <math>t_w = 13.6</math> °C</p> <p>Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu <math>\alpha_e = 10</math> W / m<sup>2</sup> K</p> <p>Délka potrubí <math>l = 1</math> m</p>
<p>Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)</p>	<p>DN 10 - DN 15 =&gt; <math>U_{0,193/2007} = 0.15</math> W / m K</p>
<p>Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí</p>	<p><math>U_0 = 0.351 \leq 0.15</math> W / m K =&gt; <b>NEVYHOVUJE</b> (přibližná tl. izolace = 64.6 mm)</p>
<p>Povrchová teplota izolovaného potrubí</p>	<p><math>t_{p,iz} = 16.3</math> °C &gt; <math>t_w</math> =&gt; na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci</p>
<p>Tepelná ztráta potrubí bez izolace</p>	<p><math>q_p = -22</math> W/m</p>
<p>Tepelná ztráta potrubí s izolací</p>	<p><math>q_{iz} = -7</math> W/m</p>
<p>Energetická úspora izolovaného potrubí</p>	<p>68 %</p>
<p>Střední spotřeba izolace</p>	<p>0.1508 m<sup>2</sup> - platí pro plošnou izolaci</p>

Tepelná izolace v tomto případě sice nevyhověla na minimální součinitel prostupu tepla, ale zde to není problém, jelikož jde o potrubí primárního okruhu v kotelně a zde nás zajímá, zda bude či nebude na daném potrubí kondenzovat vzdušná vlhkost, což v našem případě nebude. Izolace Armaflex AC tl. 13 mm je firmou IVT pro primární okruh používána standardně. **Izolace vyhovuje!**

Výše uvedené tabulky s výpočty jsou pouze pro vedení potrubí v kotelně. V podlaží 1. nadzemního podlaží jsem uvažoval tloušťku izolace 9 mm. V podlaží 2. nadzemního podlaží jsem uvažoval tloušťku izolace 9 mm.

## **B.9 Návrh zabezpečovacích zařízení**

### **B.9.1 Teplá strana:**

#### **Pojišťovací ventil-otopná soustava:**

Pojišťovací tlak: 250 kPa

$Q_n = 10,2$  kW.....výkon TČ

$Q_p = 2 \cdot Q_n = 2 \cdot 10,2 = 20,4$  kW (předpoklad- ventilem bude procházet voda)

Zkouška ventilu: Honeywell SM 120, (vstup  $\frac{1}{2}$ " ,výstup  $\frac{3}{4}$ " ),výtokový součinitel ventilu  $\alpha_w = 0,289$

#### **Minimální průřez sedla ventilu:**

$S_o = 2 \cdot Q_p / [\alpha_w \cdot \sqrt{P_{ot}}] = 2 \cdot 20,4 / [0,289 \cdot \sqrt{250}] = 9 \text{ mm}^2 \Rightarrow$  minimální průměr sedla ventilu

$d_o = \sqrt{4 \cdot S_o / \pi} = \sqrt{4 \cdot 9 / \pi} = 3,4 \text{ mm} \Rightarrow$  navrhovaný ventil má  $d = 16 \text{ mm} \Rightarrow$  vyhovuje!

**Navrhují pojistný ventil:** Honeywell SM 120, (vstup  $\frac{1}{2}$ " ,výstup  $\frac{3}{4}$ " ),pojistný tlak 2,5 bar [PV1]

Pojistný ventil Honeywell SM 120:



#### **Pojistné potrubí:**

$d_o = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{20,4} = 12,7 \text{ mm} \Rightarrow$  **Navrhují pojistné potrubí  $\frac{1}{2}$ "**

#### **Pojišťovací ventil-teplá voda:**

Vzhledem k tomu, že nenavrhují vnitřní vodovod, volím dle doporučení firmy IVT jako kritérium pro návrh pojistného ventilu pro teplou vodu pojistný tlak  $P_{ot} = 6 \text{ bar} \Rightarrow$

**Navrhují pojistný ventil:** Honeywell SM 152, (vstup  $\frac{1}{2}$ " ,výstup  $\frac{3}{4}$ " ),pojistný tlak 6 bar [PV2]

#### **Pojistný ventil HONEYWELL 152:**



**Expanzní nádoba-otopná soustava:** [návrh proveden dle Topenářské příručky 3]

#### **Objem vody v potrubí:**

$$V = [\pi \cdot d^2 / 4] \cdot L \dots [\text{m}^3]$$

kde: L.....délka potrubí [m]



Objem vody v potrubí		
dimenze	L [m]	V [l]
15x1	88	11,7
18x1	40	8,1
22x1	49	15,3
35x1,5	2	1
Celkem potrubí		36,1
otopná tělesa		229
topná voda-bojler		40
Objem soustavy celk.		305,1

Expanzní objem:

$$V_e = 1,3 \cdot V_e \cdot n = 1,3 \cdot 305,1 \cdot 0,005 = 1,98 \text{ l}$$

Nejnižší dovolený přetlak: volím i jako nejnižší provozní přetlak  $P_d$

$$h_s = 2,78 - 1,85 + 0,35 + 0,15 + 0,9 - 0,2 = 2,13 \text{ m}$$

$$\Delta h = 0,1 h_s = 0,1 \cdot 2,13 = 0,213 \text{ m, nejméně však } \Delta h = 2 \text{ m}$$

$$P_{d,dov} = (h_s + \Delta h) \cdot \rho_v \cdot g = (2,13 + 2) \cdot 10^3 \cdot 9,81 = 40\,515,3 \text{ Pa} = 40,52 \text{ kPa} = P_d$$

Nejvyšší dovolený přetlak a současně otevírací přetlak:  $P_{ot} = 250 \text{ kPa}$

Předběžný návrh MEN:

$$V_{cp} = V_e \cdot (P_{ot} + 100) / (P_{ot} - P_d) = 1,98 \cdot (250 + 100) / (250 - 40,52) = 3,31 \text{ l}$$

**Navrhují MEN: AQUAHOT EN 5L; (objem 5 l)**

*AQUAHOT EN 5L; (objem 5 l):*



## **B.9.2 Studená strana:**

**Pojišťovací ventil-studená strana:**

Pojišťný ventil k primární straně je dodáván výrobcem TČ do instalovaného výkonu 17 kW. Můj instalovaný výkon  $Q_T = 7,2 \text{ kW}$ . (Celkový instalovaný výkon TČ+EK=10,2 kW, ale výkon samotného TČ je 7,2 kW) Pouze tedy uvádím dodávaný ventil.

**Dodávaný pojistný ventil:** STENO ART. 447, (vstup  $\frac{1}{2}$ ", výstup  $\frac{3}{4}$ "), pojistný tlak 4 bar [PV3]

**Expanzní nádoba-studená strana:**

Expanzní nádoba k primární straně je dodávána výrobcem TČ do instalovaného výkonu TČ 9 kW. Výkon TČ  $Q_T = 7,2 \text{ kW}$ . Pouze tedy uvádím dodávanou membránovou expanzní nádobu.

**Dodávaná MEN:** IVT 4 l, objem 4 l

Poznámka:

Tlak vzduchu v expanzní nádobě je třeba nastavit na 1,2 bar a tlak nemrznoucí směsi na 1,5 bar.

## **B.10 Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody**

### **1) Vytápění:**

Lokalita: Dobrá voda (okres České Budějovice) =>  $t_{es} = -15\text{ °C}$

délka otopného období:  $d = 244$  dnů,  $t_{es} = 3,8\text{ °C}$

Tepelná ztráta objektu:  $Q_c = 9,2\text{ kW}$  při  $t_{is} = 20\text{ °C}$

### **Vytápěcí denostupně:**

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 244 \cdot (20 - 3,8) = 3953$$

### **Opravné součinitele a účinnosti systému:**

nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem :  $e_i = 0,85$

snížení teploty v místnosti během dne respektive noci :  $e_t = 0,9$

zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu :  $e_a = 1,0$

součinitel pro rodinné domy s regulací ventily s termostatickými hlavicemi:  $\epsilon = 0,63$

účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy:  $\eta_o = 0,95$

účinnost rozvodu vytápění:  $\eta_r = 0,97$

$$Q_{vyt} = [\epsilon / (\eta_o \cdot \eta_r)] \cdot [24 \cdot Q_c \cdot D / (t_{is} - t_{es})] \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = [0,63 / (0,95 \cdot 0,97)] \cdot [24 \cdot 9,2 \cdot 3953 / (20 + 15)] \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} =$$

$$Q_{vyt} = \underline{\underline{61,4\text{ GJ/rok}}} \Rightarrow 61,4 / 3,6 = \underline{\underline{17,049\text{ MWh/rok}}}$$

### **2) Teplá voda:**

$t_1 = 10\text{ °C}$  ;  $t_2 = 55\text{ °C}$  ;  $\rho_v = 1000\text{ kg/m}^3$  ;  $c = 4178\text{ J.kg} \cdot \text{K}^{-1}$  ;  $z = 0,3$  ;  $t_{svl} = 15\text{ °C}$  ;  $t_{svz} = 5\text{ °C}$

$V_{2p} = 0,28\text{ m}^3/\text{den}$  ( viz. výpočet velikosti zásobníku TV )

### **Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody:**

$Q_{2p} = 19,05\text{ kWh/den}$  ( viz. výpočet velikosti zásobníku TV )

### **Spotřeba tepla pro teplou vodu za rok:**

$$Q_{TUV;r} = Q_{TUV;d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV;d} \cdot [(t_2 - t_{svl}) / (t_2 - t_{svi})] \cdot (N - d) =$$

$$= 19,05 \cdot 244 + 0,8 \cdot 19,05 \cdot [(55 - 15) / (55 - 5)] \cdot (365 - 244) =$$

$$Q_{TUV;r} = \underline{\underline{6,12\text{ MWh/rok}}} \Rightarrow \times 3,6 = \underline{\underline{22,04\text{ GJ/rok}}}$$

### **3) Celková potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody:**

$$Q_r = Q_{vyt} + Q_{TUV;r} = 17,05 + 6,12 = \underline{\underline{23,17\text{ MWh/rok}}} \Rightarrow \underline{\underline{83,41\text{ GJ/rok}}}$$

## B.11 Celkové náklady na instalaci vytápěcího systému

V níže uvedených tabulkách jsou zobrazeny jednotlivé položky investice do systému s tepelným čerpadlem IVT Greenline HE C7.

**Tabulka kalkulací primárního okruhu**

Položka vrtu	počet kusů	l [m]	objem [l]	cena [Kč/m]	cena [Kč/l]	cena [Kč/kus]	cena [kč] (bez DPH)
Vrt 4x32+2 x U-koleno	1	112	-	-	-	-	28635
litinové závaží	1	-	-	-	-	942	942
vymezovací díly	37	-	-	-	-	99	3663
injektační směs Geosolid	-	-	2610	-	11,44	-	29865
Redukce počtu větví	2	-	-	-	-	1350	2700
potrubí 40x3,7 PE100RC (50 m)	-	50	-	39	-	-	1950
elektrotvarovka 40x3,7	2	-	-	-	-	94	188
přechod PE-Cu	2	-	-	-	-	352	704
trasová folie vodorovné části	1	-	-	-	-	5	5
izolace Armaflex AC pro měď	-	10	-	55,7	-	-	557
izolace Armaflex AC pro PE 100	-	10	-	64,1	-	-	641
měděné potrubí 35x1,5 – kotelna	-	10	-	222	-	-	2220
vrtné práce	-	110	-	400	-	-	44000
propylenglykol	-	-	96	-	49,6	-	4761,6
Celkem [kč] (včetně DPH)							138 956

**Celková investice do tepelného čerpadla**

Položka	počet kusů	cena [kč] (bez DPH)	cena [kč] (včetně DPH)
TČ IVT Greenline HE C7 + příslušenství kotelny	1	206000	236 900
akumulátor IVT BC 300	1	17000	19 550
uvedení do provozu	-	7000	8 050
primární okruh	-	120832	138 956
elektroinstalace	-	6500	7 475
hydrogeologický posudek	-	12500	14 375
Celkem [kč] (včetně DPH)			425 306

**Celková investice do vytápěcího systému s TČ**

Položka	počet kusů	cena [kč] (bez DPH)	cena [kč] (včetně DPH)
TČ IVT Greenline HE C7 (Celková investice do TČ)	1	369 831	425 306
potrubí	1	21 794	25 063
připojovací šroubení Vekolux	17	3 570	4 106
svěrné šroubení	17	658	757
otopná tělesa	17	131 723	151 481
termostatické hlavice Eberle	15	4 215	4 847
ruční hlavice Danfoss	2	196	225
pojistný ventil- PV1	1	357	411
pojistný ventil- PV2	1	636	731
expanzní nádoba-sekundár.	1	609	700
Izolace potrubí	-	9 585	11 023
Celkem [kč] (včetně DPH)			624 650

V ceně investice do systému s TČ není započtena investice do příslušenství sekundární strany od akumulátoru po otopná tělesa, pojistné ventily a expanzní nádoba! Učinil jsem tak z toho důvodu, aby zákazník dobře pochopil, které položky jsou hranicí pro investici do TČ a „běžného“ zdroje tepla. Po připojení těchto položek je „Celková investice do vytápěcího systému s TČ“ uvedena v tabulce níže.

## B.12 Vyhodnocení ekonomické návratnosti investice do tepelného čerpadla


K vyhodnocení návratnosti jsem využil program „IVT občané, program návratnosti“. Tento program je firmou IVT používán od roku 2000. Umožňuje vyhodnocení návratnosti investice do TČ vůči jiným zdrojům tepla, jako např:

- kotel na propan
- elektrokotel
- kotel na peletky
- plynový kondenzační kotel.

V programu je možné vybrat mezi 3-mi poskytovateli energií a vkládat položky investic do jednotlivých zdrojů tepla včetně TČ, přičemž vyhodnocení ročních nákladů na provoz se vztahuje na celý objekt. Nejsou tedy započteny pouze náklady na vytápění a ohřev teplé vody, ale také náklady na provoz dalších spotřebičů jako mikrovlnné trouby, televize, myčky atd.. Další položku tvoří také stálý plat za jističe a zemní plyn. Investice do jednotlivých zdrojů (kromě TČ) jsem ponechal dle doporučení. Vzhledem k tomu, že program využívají projektanti firmy IVT u každého projektu a program je průběžně aktualizován dle vývoje cen energií a samozřejmě i cen zdrojů tepla, nebylo nutné je dále upravovat. Pouze u TČ jsem výpočet investice dělal naprosto přesně (viz. kapitola Celkové náklady na instalaci vytápěcího systému). Program dále koriguje výpočet dle typu vytápěcí soustavy (otopná tělesa, podlahové vytápění), účinnosti kondenzačního kotle a v neposlední řadě dle vybraného TČ firmy IVT.

Zadávací formulář pro vyhodnocení návratnosti investice:

**Porovnání provozních nákladů rodinného domu**



**Část A - zadání hodnot (netiskne se do protokolu)**

Vyberte tepelné čerpadlo:  Vyberte topný systém:  Zadejte název zakázky: **Bakalářská práce - Petr Michal (r. 2013)**

Zadejte tepelnou ztrátu a spotřeby energií, pokud se liší od doporučených hodnot

	Doporučené hodnoty	Vlastní hodnoty	
Tepelná ztráta objektu:	9,5 kW	9,2 kW	Pokud nezadáte žádné hodnoty, použijí se automaticky doporučené hodnoty
Roční spotřeba energie na vytápění:	18 050 kWh	17 049 kWh	
Roční spotřeba energie pro ohřev TUV:	4 000 kWh	6 123 kWh	
Spotřeba energie pro ohřev bazénu:	- kWh	0 kWh	
Ostatní spotřeba elektrické energie:	4 500 kWh	4 500 kWh	

Vyberte další parametry

	Doporučené hodnoty	Vlastní hodnoty
Hlavní jistič při vytápění elektrokotlem	do 40 A	Doporučený
Hlavní jistič při vytápění tepelným čerpadlem	do 32 A	Doporučený
Typ plynového kotle	Kondenzační, účn. 102%	
Rychlost růstu cen energií	Střední, + 7 % ročně	

Ceník energií

Vyberte odpovídající kombinaci dodavatele plynu a elektřiny

Zadejte investiční náklady

	Doporučené hodnoty	Vlastní hodnoty	
Investice do tepelného čerpadla	331 000 Kč	425 306 Kč	Pokud chcete zadat nulovou hodnotu investice, zadejte nějakou malou částku, například 1 korunu
Investice do kotelny na propan	110 000 Kč		
Investice do kotelny na peletky	150 000 Kč		
Investice do kotelny na zemní plyn	90 000 Kč	90 000 Kč	
Investice do elektrokotelny	50 000 Kč		

Důležitou položkou pro vyhodnocení návratnosti je růst cen energií. Uvažoval jsem 7%-ní růst cen energií a dodavatele EON.

## Porovnání provozních nákladů rodinného domu



Tepelné čerpadlo země - voda  
**IVT Greenline 7 HE**

Výkon **7,1 kW**

Zpracováno pro akci  
**Bakalářská práce- Petr Michal (r. 2013)**

### Energetická bilance

Tepelná ztráta objektu:	<b>9,2 kW</b>
Roční spotřeba energie na vytápění:	<b>17 049 kWh</b>
Roční spotřeba energie pro ohřev TUV:	<b>6 123 kWh</b>
Spotřeba energie pro ohřev bazénu:	<b>0 kWh</b>
Ostatní spotřeba elektrické energie:	<b>4 500 kWh</b>

### Zvolené parametry

Topný systém	<b>Radiátorový</b>
Plynový kotel	<b>Kondenzační, účín. 102%</b>
Růst cen energií	<b>Střední, + 7 % ročně</b>
Aktuální ceny	<b>Leden 2013</b>
Ceník energií	<b>EONEON</b>

Podklady zpracoval

**Petr Michal**

### Vytápění kotlem na propan

Odběr energie	Medium	Spotřeba	Jednotka	Cena	Náklady
Vytápění+TUV+bazén	Propan	1996 kg		25,20 Kč	50 296 Kč
Ostatní	Elektřina	4 500 kWh		4,78 Kč	21 508 Kč
Stálý plat -	Jistič 3 x 25 A	12		131,00 Kč	1 572 Kč
<b>Celkové provozní náklady objektu</b>					<b>73 376 Kč</b>

### Vytápění elektrickým kotlem

Odběr energie	Medium	Spotřeba	Jednotka	Cena	Náklady
Vytápění+TUV+bazén	Elektřina	23 172 kWh		2,69 Kč	62 248 Kč
Ostatní - nízký tarif 20 hodin	Elektřina	3825 kWh		2,69 Kč	10 275 Kč
Ostatní - vysoký tarif 4 hodiny	Elektřina	675 kWh		3,50 Kč	2 360 Kč
Stálý plat -	Jistič do 40 A	12		537,00 Kč	6 444 Kč
<b>Celkové provozní náklady objektu</b>					<b>81 328 Kč</b>

### Vytápění kotlem na peletky

Odběr energie	Medium	Spotřeba	Jednotka	Cena	Náklady
Vytápění+TUV+bazén	Peletky	5 304 kg		5,50 Kč	29 171 Kč
Ostatní	Elektřina	4 500 kWh		4,78 Kč	21 508 Kč
Stálý plat	Jistič 3 x 25 A	12		131,00 Kč	1 572 Kč
<b>Celkové provozní náklady objektu</b>					<b>52 251 Kč</b>

### Vytápění kotlem na zemní plyn

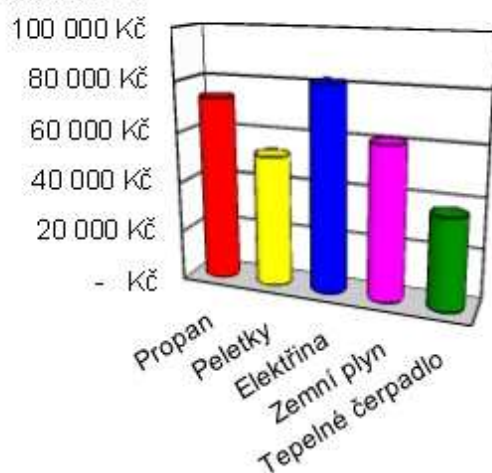
Odběr energie	Medium	Spotřeba	Jednotka	Cena	Náklady
Vytápění+TUV	Zem.plyn	25 187 kWh		1,23 Kč	30 935 Kč
Bazén	Zem.plyn	0 kWh		1,23 Kč	0 Kč
Ostatní	Elektřina	4 500 kWh		4,78 Kč	21 508 Kč
Stálý plat	Jistič 3 x 25 A	12		131,00 Kč	1 572 Kč
Stálý plat	Zem.plyn	12		576,29 Kč	6 915 Kč
<b>Celkové provozní náklady objektu</b>					<b>60 930 Kč</b>

### Vytápění tepelným čerpadlem

Odběr energie	Medium	Spotřeba	Jednotka	Cena	Náklady
<b>Vytápění</b>	<b>Elektřina</b>	<b>5 228 kWh</b>		<b>2,69 Kč</b>	<b>14 045 Kč</b>
<b>Ohřev teplé vody</b>	<b>Elektřina</b>	<b>2 041 kWh</b>		<b>2,69 Kč</b>	<b>5 483 Kč</b>
Ohřev bazénu	Elektřina	0 kWh		2,69 Kč	0 Kč
Úspora elektronick. čerpadly v TČ	Elektřina	-275 kWh		2,69 Kč	-739 Kč
Ostatní - nízký tarif 22 hodin	Elektřina	4 140 kWh		2,69 Kč	11 122 Kč
Ostatní - vysoký tarif 2 hodiny	Elektřina	360 kWh		3,50 Kč	1 259 Kč
Stálý plat -	Jistič do 32 A	12		442,00 Kč	5 304 Kč
<b>Celkové provozní náklady objektu</b>					<b>36 474 Kč</b>



#### Provozní náklady rodinného domu



#### Komentář k výpočtu provozních nákladů

Porovnání provozních nákladů je provedeno jako celkové provozní náklady objektu. To znamená, že kromě spotřeby energie na vytápění je uvažováno i se spotřebou pro ohřev TUV a případně i bazénu. Zároveň je v těchto nákladech započítána i ostatní spotřeba elektrické energie v objektu (svícení, vaření, apod.), která celkové provozní náklady výrazně ovlivňuje a cena této energie je závislá na zvoleném zdroji tepla.

Spotřeby energie uvedené ve výpočtu vycházejí z teoretických výpočtů spotřeb energií a jsou korigovány podle zkušeností z objektů podobné velikosti, u kterých je spotřeba energií ověřena provozem.

Konkrétní hodnoty spotřeby energií se mohou výrazně lišit v závislosti na chování obyvatel objektu. Poměr mezi velikostí provozních nákladů však zůstává zachován.

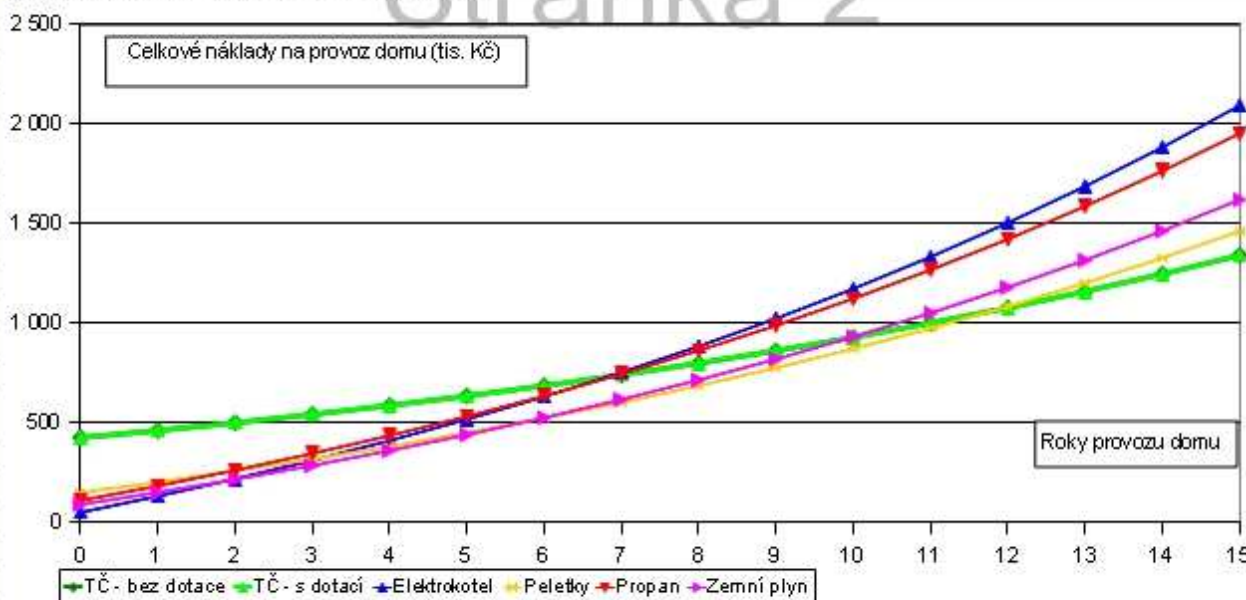
### Výpočet návratnosti investice do tepelného čerpadla

Náklady na instalaci tepelného čerpadla	425 306 Kč
Dotace - Kč	Náklady s dotací
Náklady na instalaci kotelny na propan	110 000 Kč
Náklady na instalaci kotelny na peletky	150 000 Kč
Náklady na instalaci kotelny na zemní plyn	90 000 Kč
Náklady na instalaci kotelny s elektrokotlem	50 000 Kč

#### Komentář k investičním nákladům

V investičních nákladech jsou započítány veškeré náklady na příslušný zdroj tepla (kotel, regulace, komín, elektroinstalace, přípojka plynu, náklady na větší jistič, bojler pro TUV atd.)

#### Graf návratnosti investice do tepelného čerpadla



**Komentář ke grafu návratnosti** - graf ukazuje celkové náklady na vytápění, v roce 0 je zobrazena výška investičních nákladů a každý rok jsou přičteny provozní náklady. Prostou návratnost investice do tepelného čerpadla můžeme odečíst v průsečíku křivky tepelného čerpadla s křivkou porovnávaného zdroje tepla.

**Komentář ke grafu návratnosti** - graf ukazuje celkové náklady na vytápění, v roce 0 je zobrazena výška investičních nákladů a každý rok jsou přičteny provozní náklady. Prostou návratnost investice do tepelného čerpadla můžeme odečíst v průsečíku křivky tepelného čerpadla s křivkou porovnávaného zdroje tepla.

Vyhodnocení výnosu investice do tepelného čerpadla v porovnání se zemním plynem

Roční výnos z investice do tepelného čerpadla **24 456 Kč** Finanční výnos **7,3%**

Úspora po 10 letech provozu včetně započítání investičních nákladů **2 594 Kč** (Porovnání s plynem)

Úspora po 15 letech provozu včetně započítání investičních nákladů **279 258 Kč** (Porovnání s plynem)

Úspora po 25 letech provozu včetně započítání investičních nákladů **1 211 534 Kč** (Porovnání s plynem)

Tepelná čerpadla IVT s.r.o., 272 191 405, [ivt@ivtcentrum.cz](mailto:ivt@ivtcentrum.cz), [www.cerpadla-ivt.cz](http://www.cerpadla-ivt.cz)

Copyright Ma-So 2000-2013

Z výše uvedených tabulek je vidět, že náklady na provoz domu jsou nejnižší se systémem s tepelným čerpadlem. Za jak dlouho se vrátí investice do TČ je možno odečíst z grafu návratnosti.

Komentář k vyhodnocení TČ a kotle na zemní plyn:

Roční výnos: znamená rozdíl v celkových nákladech na provoz domu s TČ a kotlem na zemní plyn.

Finanční výnos (FV): pokud zaplatím za tepelné čerpadlo o 200 000 Kč více než za plynový kotel a touto investicí ročně ušetřím 20 000 Kč, odpovídá to finančnímu výnosu 10%.

$$FV = \frac{\text{roční výnos}}{TČ - PLYN} \times 100 = \frac{24456}{345418 - 90000} \times 100 = 9,57 \%$$

kde:

TČ..... investice do tepelného čerpadla [Kč]

PLYN.... investice do plynového kotle [Kč]

Z doložených grafů vyplývá, že investice do TČ se uživateli vrátí již cca do 7 let v porovnání s elektrokotlem a s již dlouhá léta vychvalovaným kondenzačním kotlem cca do 10-ti let od spuštění provozu. Ani kotel na peletky v tomto případě nedokázal v provozních nákladech domu předčít TČ, ačkoliv ze srovnávaných zdrojů dopadl nejlépe. Jedná se pouze o prostou návratnost, ve skutečnosti zřejmě budou návratnosti kratší. Po 9-ti až 11-ti letech provozu již tepelné čerpadlo svému uživateli pouze vydělává. **Instalace TČ jako zdroje tepla se uživateli opravdu vyplácí!**

## **C. Projekt**



## Technická zpráva

### C.1.1.Úvod

#### **1.1.1 Umístění a popis objektu**

Navrhovaný objekt je umístěn v obci Dobrá Voda v katastrálním území Dobrá Voda v nadmořské výšce 732 m. n. m.. Konstrukční systém zděný ze systému Heluz stejně jako stropy. Budova má 2 nadzemní podlaží.

#### **C1.1.2 Popis provozu objektu**

Objekt bude tvalet využíván k užívání jako klasický rodinný dům. Dům je napojen na elektrickou síť , veřejnou kanalizaci a vodovod. Vytápění a ohřev teplé vody je zajištěn tepelným čerpadlem.

### C.1.2 Podklady

#### **1.2.1 Výkresová dokumentace**

Podkladem pro zpracování projektu ústředního vytápění je výkresová dokumentace stavby.

### C.1.3 Tepelné ztráty a potřeba tepla

#### **1.3.1 Klimatické poměry**

Místo	Dobrá Voda
Nadmořská výška	732 m.n.m.
Výpočtová venkovní teplota	-15 °C
Délka otopného období	244 dní
Průměrná teplota během otopného období	3,8 °C
Střední denní teplota pro začátek otopného období	13 °C

#### **1.3.2 Vnitřní teploty**

Obývací pokoje, kuchyň, pracovna, chodby , WC	20 °C
Šatny	15 °C
Koupelny	24 °C

#### **1.3.3 Tepelně technické parametry konstrukcí**

Výpočtové tepelně-technické parametry stavebních konstrukcí vycházejí u navržených konstrukcí prvků a jsou v souladu s požadavky ČSN 73 0540-2:2007.

Výpočtová tepelná ztráta objektu prostupem tepla je 5,02 kW. Výpočtová tepelná ztráta infiltrací a přirozeným větráním je 4,21 kW. Celková výpočtová tepelná ztráta budovy tedy činí 9,24 kW.

#### **1.3.4 Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody**

Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody je proveden pomocí denostupňové metody. Potřeba tepla na vytápění je 17,05 MWh. Potřeba tepla na ohřev teplé vody je 6,12 MWh. Celková potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody tedy činí 23,17 MWh.

### C.1.4 Zdroj tepla

#### **1.4.1 Druh primární energie**

Primární energií pro tepelné čerpadlo je teplo odebírané ze země. Tepelné čerpadlo je však poháněno elektrickou energií v sazbě D56.

#### **1.4.2 Zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody**

Zdrojem tepla je tepelné čerpadlo IVT Greenline HE C7 typu země-voda odebírající teplo z hlubinného vrtu o hloubce 110m. Součástí instalace je i akumulátor IVT BC 300/3. Tepelné čerpadlo je zapojeno bivalentně společně s elektrokotlem, který bude tepelnému čerpadlu pomáhat při nižších venkovních teplotách. V

místnosti č. 109 je ještě umístěn krb, který bude občasně sloužit jako alternativní zdroj tepla pro stejnou místnost.

#### **1.4.3 Komínové těleso**

Komínové těleso nebude provedeno!

#### **1.4.4 Kouřovod**

Kouřovod od krbu bude vyveden skrz obvodovou zeď k fasádě a od ní nad střechu ocelovou rourou průměru 100 mm. Kouřovod bude zakončen střešním komínkem.

### **C.1.5 Otopná soustava**

#### **1.5.1 Popis otopné soustavy**

Otopná soustava bude nízkoteplotní s nuceným oběhem vody a s teplotním spádem 40/30°C. Od akumulátoru povede pouze jedno stoupací potrubí do 2.N.P.. Trubní rozvody sekundárního okruhu bude provedeno z mědi a vedeno v podlaze v tepelné izolaci tloušťky 9 mm. Potrubí bude spojováno měkkým pájením. U otopných těles bude potrubí zasekáno do zdi.

#### **1.5.2 Čerpací technika**

Oběh vody v soustavě s tepelným čerpadlem bude zajištěno pomocí tří elektronických oběhových čerpadel WILO PARA 25.

#### **1.5.3 Plnění a vypouštění sekundární a primární strany tepelného čerpadla**

Plnění otopné soustavy (sekundární strany) bude prováděno pitnou vodou z domovního vodovodu. Voda pro otopnou soustavu by měla mít pH 7,5 – 9. Vypouštění soustavy bude prováděno pomocí zátek otopných těles a vypouštěcího kohoutu v kotelně.

Plnění a vypouštění primárního okruhu bude prováděno pomocí plnicí sestavy IVT sestávající ze dvou trojcestných kulových kohoutů a filtrballu umístěných na měděné části primárního okruhu.

#### **1.5.4 Otopné plochy**

Ve všech místnostech jsou navržena otopná desková tělesa Radik VK od firmy Korado s pravým dolním připojením. Na měděné potrubí jsou otopná tělesa připojena pomocí rohového připojovacího šroubení Vekolux 1/2" x 3/4" (pozinkovaný bronz) a také pomocí svorného šroubení 15 x 3/4" (pozinkovaný bronz). Tělesa jsou vybaveny termostatickými ventily Heimeier a termostatickou hlavicí EBERLE TRV 4, nebo ruční hlavicí DANFOSS RA 5003 M 30 x 1,5 (z důvodu ochrany čerpadla před spálením).

#### **1.5.5 Regulace a měření**

Tepelné čerpadlo je vybaveno ekvitermní regulací REGO 1000, která řídí teplotu výstupní vody z TČ. Současně je touto regulací řízen průtok vody soustavou pomocí oběhových čerpadel. TČ je vybaveno několika čidly na primárním i sekundárním potrubí a také měřením spotřeby energií.

#### **1.5.6 Izolace potrubí**

Rozvody sekundárního okruhu v kotelně budou izolovány izolací Rockwool PIPO ALS (viz. tl izolací dle dimenzí ve výkresech). Ostatní potrubí umístěná v podlaze jsou izolovány izolací NMC Climaflex tl. 9mm. Izolace primárního okruhu je provedena izolací Armaflex AC tl. 13 mm.

#### **1.5.7 Ohřev teplé vody**

Ohřev teplé vody je zajištěn tepelným čerpadlem typu země-voda. Ohřev teplé vody je přednostní před vytápěním. Přepínání mezi ohřevem topné vody pro desková tělesa a ohřevem teplé vody je řízeno trojcestným ventilem TČ.

### **C.1.6 Požadavky na ostatní profese**

#### **1.6.1 Stavební práce**

Stavební práce zahrnují vrtné práce. Vrt bude proveden příklepovým vrtáním se vzduchovým výplachem a

po umístění sondy bude vrt vyplněn termosměsí Stuwatherm. Vodorovný výkop od vrtu ke kotelně bude vyhlouben strojně radlicí do hloubky 1,5 m bez podsypu. Jako další stavební práce bude nutné zřídit průstup potrubí přes strop a také zasekání potrubí do zdi u otopných těles. Potrubí je i v zasekání opatřeno příslušnou tepelnou izolací.

### **1.6.2 Elektroinstalace**

V souladu s elektrickým zapojením hrozí riziko úrazu elektrickým proudem. Před započetím prací na elektrické části je nutné odpojit přípojku od napětí. všechny regulační, řídicí a bezpečnostní zařízení TČ jsou připraveny z výroby k provozu. Budou použity pro přípojku 400V/50 Hz alespoň 5-tižilové elektrokabely konstrukce H05VV. Průřezy a typ kabelů musí být zvolen dle předřazené pojistky a způsobu instalace. Bližší informace viz. „Instalatérská příručka HE“.

### **1.6.3 Zdravotechnika**

Je potřeba napojit bojler tepelného čerpadla na rozvod teplé a studené vody, případně na cirkulaci.

## **C.1.7 Montáž, uvedení do provozu**

### **1.7.1 Zdroj**

Instalaci a uvedení TČ do provozu musí provést osoba s odpovídající kvalifikací vlatnicí osvědčení o kvalifikaci a oprávnění k činnosti odpovídající rozsahu. Před uvedením zařízení do provozu je nutno zajistit odpovídající elektroinstalaci. Postup uvedení zařízení do provozu je uveden v dodavatelské dokumentaci zařízení (Instalatérská příručka HE).

### **1.7.2 Otopná soustava**

Montáž a uvedení do provozu se řídí dle ČSN 06 0310. Montážní práce musí provádět osoba s osvědčením o proškolení vystaveném gestorem použitého systému. Po dokončení montáže musí montážní firma provést zkoušku těsnosti instalovaného systému. Je doporučeno prvně natlačit systém pomocí externího kompresoru a sledovat pokles tlaku v soustavě, těsnost spojů pomocí látky zvětšující svůj objem vlivem úniku vzduchu z potrubí netěsnostmi. (tlaková zkouška)

### **1.7.3 Topná zkouška**

Uvedení otopné teplovodní soustavy do provozu spočívá zejména v provedení zkoušky těsnosti a v provedení dilatační a topné zkoušky dle Normy ČSN 06 0310. Dilatační zkouška se provede dvojnásobným ohřátím soustavy na nejvyšší pracovní teplotu a jejím ochlazením. Při zkoušce nesmí být zajištěna netěsnost ani jiné závady. Součástí topné zkoušky bude i proplach soustavy topnou vodou. Topná zkouška sekundárního okruhu bude provedena v rozsahu 24 hodin. Před zahájením topné zkoušky musí být soustava odvzdušněna a zapojen zdroj tepla.

#### **Zkouškou bude prokázáno:**

- a) správná funkce armatur;
- b) rovnoměrné ohřívání otopných těles;
- c) dosažení technických předpokladů projektu (teploty, tlaků, rozdílů teplot, rozdílů tlaků atd.);
- d) správná funkce regulačních a měřicích zařízení;
- e) správná funkce zabezpečovacích zařízení, havarijních opatření a poruchových signalizací;

Maximální přetlak vody při zkoušce 240 kPa. Zkouška vyhoví, pokud není zjištěn únik vody a neklesne zkušební přetlak.

### **1.7.4 Způsob obluhy a ovládání**

Zařízení je určeno pro občasnou obluhu nastavení ekvitermí křivky, kontrolu teplot a spotřebované energie. Obluha TČ musí být dostatečně seznámena s bezpečnostními a provozními podmínkami zařízení a v obluze zacvičena a musí také mít k dispozici návody k obluze zařízení.

## **C.1.8 Ochrana zdraví a životního prostředí**

### **1.8.1 Vlivy na životní prostředí**

Instalací a provozem otopné soustavy nedojde ke zhoršení vlivů na životní prostředí. Vrt nebude mít negativní vliv na okolní teplotu povrchu přilehlé zeminy. V souladu s legislativou vrtů přikládám následující dokumenty vyžadované stavebním úřadem:

#### **Hydrogeologický průzkum:**

Nezbytnou součástí projektové dokumentace k vrtu je vyjádření hydrogeologa k navrhovanému vrtu.

#### **Hydrogeologický posudek obsahuje:**

- 1) geologická a hydrogeologická charakteristika území
- 2) výčet okolních jímacích objektů
- 3) specifikace projektovaného vrtu a doporučená technologie vrtání
- 4) posouzení vlivu na okolní jímací objekty, režim a kvalitu podzemních vod
- 5) Závěr a vyhodnocení

#### **1) Geologická a hydrogeologická charakteristika území:**

Charakteristika území je velmi náročnou disciplínou, proto uvádím pouze souhrn. Jedná se o výčet jednotlivých souvrství hornin jako jsou jílovce, prachovce, pískovce, slepence, atd. a jejich další specifikace. Samozřejmostí je charakteristika podzemních vod, které jsou v oblasti Novohradských hor doplňovány výhradně infiltrací srážkových vod do příslušné hloubky.

Projektované vrtý pro tepelné čerpadlo jsou situovány v oblasti Novohradských hor v obci Dobrá Voda.

#### **2) Výčet okolních jímacích objektů**

V obci je zásobování pitnou vodou z veřejného vodovodu. Domovní studny v obci jsou využívány především jako doplňkové užitkové zdroje (k závlahám apod.).

#### **3) Projektované vrtý pro tepelné čerpadlo:**

Pro zajištění potřebného topného výkonu je navrženo vyhloubení jednoho 110 m hlubokého vrtu pro umístění výměníku tvořeného sondou 4x32 mm z materiálu PE 100 RC firmy Gerotop v uzavřeném cirkulačním okruhu, kdy nedojde ke kontaktu vnitřního média (voda + polypropylen) s okolní horninou. Jako přenosové medium je použita nemrznoucí směs propylenglykolu a vody v poměru 1:2. Vrtné práce budou provedeny odbornou zeměvrtnou firmou, která bude vybrána na základě nabídkového řízení. Doporučena technologie příklepového vrtání s výplachem. Konečný průměr vrtu 170 mm. Zainjektování vrtu bude provedeno injektážní směsí Stuwatherm od počvy vrtu injektážním potrubím umístěným ve čtyřtrubkové sondě. Na konci prací bude provedena tlaková zkouška a ihned po ní zkouška průtočná!!!

#### **4) Posouzení vlivu na okolní jímací objekty, režim a kvalitu podzemních vod**

Vzhledem k tomu, že budoucí vrt se nachází v oblasti zvodnělých písčitých poloh s odlišnými tlakovými poměry, může dojít k přetékání podzemní vody mezi jednotlivými kolektory a následně ke změně přirozeného režimu proudění vody s ovlivněním okolních jímacích objektů. Předpokládaná technologie vrtání s výplachem společně s ocelovým pažením svrchní části sedimentů by měla zaručit, že nebude ovlivněna vydatnost ani kvalita vody okolních jímacích objektů, které jímají vodu mělkého charakteru. Pro zamezení přetékání vody z jednotlivých kolektorů mezi sebou je nutné na konci vrtu zainjektovat injektážní směsí Stuwatherm. Injektáž musí být prováděna tlakově injektážní hadicí od počvy vrtu.

K negativnímu ovlivnění kvality podzemních vod v průběhu provozu tepelného čerpadla může dojít pouze při havarijním úniku přenosového teplonosného média a kontaktem podzemních vod s nevhodnými výstrojovými materiály. Z tohoto důvodu bude použit materiál PE 100 RC schválený pro styk s pitnou vodou a určený pro vrtý tepelných čerpadel. Před napuštěním oběhového média sondy je nutné dříve provést tlakovou zkoušku a zhotovit písemný protokol o jejím úspěšném provedení. Tento protokol se přiloží k projektové dokumentaci. Tlakovou zkoušku je nutné provést po každém zjištěném úbytku přenosového média v primárním okruhu tepelného čerpadla. Po úspěšném provedení tlakové zkoušky bude provedena také zkouška průtočná!

### **5) Závěr a vyhodnocení:**

Na základě zmapování okolních studní, archivní a geologické a hydrogeologické dokumentace byl posouzen vliv 110 m hlubokého vrtu pro instalaci svislého výměníku tepla na režim a kvalitu podezmních vod a okolní jímací objekty.

#### Závěry shrnuji do následujících bodů:

- vrtu budou hloubeny do hloubky cca **25 m v jílovitopísčítých uloženinách spodního oddílu terciárního souvrství** ( jíly, písky, spraše ) a do **110 m ve svrchnokřídovém souvrství** ( jílovce, prachovce, písky, pískovce a jejich kombinace )
- vrt musí být utěsněn injektážní směsí **Stuwatherm** v hloubce 0 až 110 m. Vrtné práce doporučuji provádět za dozoru hydrogeologa (dokumentace hornin a kontrola tamponáže ). V případě vysokých propustností jednotlivých kolektorů, budou na návrh dozurujícího hydrogeologa některé úseky silně zvodnělých vrstev obsypány hrubozrnným pískem a injektovány budou úseky jílových izolátorů.
- vzhledem k zmapování okolních studní pro jímání vody mělkého oběhu ve svrchní části terciárního souvrství, s přihlédnutím k předpokládané technologii vrtání, použitým materiál svislého výměníku a zainjektování vrtu injektážní směsí prohlašuji, že:

***Provedením vrtu a provozem tepelného čerpadla nebude negativně ovlivněna  
vydatnost a kvalita jímané podzemní vody v okolí!!!***

#### Zpráva povodí Vltavy:

Věc- k.ú. Dobrá Voda, okres České budějovice, kraj Jihočeský, číslo hydrogeologického rajonu 2140, „**Vrt pro tepelné čerpadlo“ na pozemku č.p. 73 v k.ú. Dobrá Voda** – stanovisko správce povodí.

Na základě ustanovení § 54 odst. 4 zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů ( vodní zákon ), vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu vydává organizace Povodí Vltavy, státní podnik, jako příslušný správce povodí v oblasti povodí Horní Vltavy k předložené projektové dokumentaci následující

#### **stanovisko:**

Z hlediska zájmů daných Plánem hlavních povodí ČR, nařízením vlády č. 262/2007 Sb. a Plánem oblasti povodí Horní Vltavy (ustanovení § 24 až § 26 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů ( vodní zákon ), ve znění pozdějších předpisů je uvedený záměr možný.

Z hlediska dalších zájmů daných zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů ( vodní zákon ) ve znění pozdějších předpisů, povodí Vltavy souhlasí s uvedeným záměrem s těmito připomínkami:

- 1) Při vrtných pracích bude zajištěn dozor osoby s odbornou způsobilostí ( k zamezení propojení jednotlivých zvodní, zamezení negativního ovlivnění okolí zdrojů podzemních vod ).
- 2) Po skončení vrtných prací bude zpracován doplňující hydrogeologický posudek ( závěrečné vyjádření hydrogeologa o realizaci vrtu), který bude předložen ke kolaudaci dané stavby.
- 3) U potrubí uzavřeného okruhu nemrznoucí směsi bude provedena tlaková zkouška – certifikát nutno doložit. To samé se týká i průtočné zkoušky.
- 4) Vzhledem k hloubce vrtu – vrtné práce přesahující hloubku 30 m – je potřeba před zahájením vrtných prací ohlásit záměr báňskému úřadu ( ustanovení § 5, odst. 4 zákona č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů ).

V případě, že vrtu nebudou splňovat technické podmínky pro realizaci vrtu pro TČ, je nutné je zlikvidovat odbornou firmou.

**Toto stanovisko správce povodí platí dva roky ode dne jeho vydání!**

### **1.8.2 Hospodaření s odpady**

Při instalaci a provozu zařízení je nutno plnit požadavky na hospodaření s odpady dle zákona č. 185/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

## **C.1.9 Bezpečnost a požární ochrana**

### **1.9.1 Požární ochrana**

Při instalaci a provozu zařízení nejsou kladeny zvláštní požadavky na požární ochranu.

### **1.9.2 Bezpečnost při realizaci díla**

Bezpečnost při realizaci díla zajišťuje zhotovitel ve smyslu zákona č. 262/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů ( Zákoník práce) a vyhlášky č. 324/1990- bezpečnost práce a technických zařízení při stavebních pracích. Veškeré práce mohou provádět pouze osoby s odpovídající kvalifikací.

### **1.9.3 Bezpečnost při provozu a užívání zařízení**

Při provozu zařízení jej smí obsluhovat pouze zaškolená osoba. Při obsluze zařízení je nutno dodržovat postupy uvedené v návodech k obsluze zařízení ( Instalátorská příručka HE ) a pokynech pro obsluhu zařízení ( Uživatelská příručka ). Předání návodů a pokynů pro obsluhu zařízení a zaškolení obsluhy je povinností zhotovitele zařízení.

### **1.9.4 Technické normy**

ČSN 06 0310 Ústřední vytápění– projektování montáž

ČSN 73 4201 Komíny a kouřovody – Navrhování provádění a připojování spotřebičů

ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách – Příruba teplé vody – Navrhování a projektování

ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu

## **C.1.10 Závěr**

V této bakalářské práci jsem navrhl systém vytápění s tepelným čerpadlem IVT Greenline HE C7. Toto tepelné čerpadlo zároveň slouží jako zdroj tepla pro ohřev teplé vody. Koncovými prvky soustavy jsou desková otopná tělesa Radik VK s rohovým připojovacím šroubením a Vekolux spolu se svěrným šroubením. Na otopných tělesech jsou instalovány termostatické a na dvou tělesech v koupelnách hlavice ruční. Rozvody otopné vody jsem realizoval z mědi, izolace rozvodů v podlaze izolací NMC Climaflex tl. 9 mm a v kotelně na sekundární části je provedena izolace PIPO ALS. V kotelně je společně s TČ umístěn akumulátor IVT BC 300/3 o objemu 300 l. K čerpání zemského tepla jsem využil jeden hlubinný vrt délky 110m s duplexním vystrojením z materiálu PE 100 RC od firmy Gerotop a injektážní směsí Stuwathwerm. Vrt je naplněn nemrznoucí směsí propylenglykolu a vody v poměru 1:2. Vodorovná část potrubí primárního okruhu je vedena v hloubce 1,4 m a nad potrubím je položena trasová folie. Dvě oběhová čerpadla WILO PARA 25 pro primární a sekundární okruh jsou instalována v tepelném čerpadle. Od akumulátoru k otopným tělesům je instalováno stejné oběhové čerpadlo jako od tepelného čerpadla k akumulátoru. Celý systém byl navržen s co největším důrazem na co nejnižší teplotu výstupní vody a s co nejnižší tlakovou ztrátou jak v primárním tak sekundárním okruhu. Po instalaci TČ je potřeba snažit se co nejdříve správně nastavit ekvitermní křivku pro zaručení co nejvyššího komfortu v domě. Tento systém by měl po dodržení navržených parametrů bez problému sloužit obyvatelům domu.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.7, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s.
- [2] Michal Pavel, Topenářská příručka 3, kapitola Tepelná čerpadla, str. 124, 1. vydání 2007, vydavatelství ČSTZ
- [3] Michal Pavel, Topenářská příručka 3, kapitola Tepelná čerpadla, str. 127, 1. vydání 2007, vydavatelství ČSTZ
- [4] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.19, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s.
- [5] Jančík Luděk , Hybridní tepelná čerpadla , (stažený soubor PDF), str. 3
- [6] Jančík Luděk , Hybridní tepelná čerpadla , (stažený soubor PDF), str. 5 odkaz na: GROLL, E. A. Current Status of Absorption/Compression Technology. In ASHRAE, Transactions: Symposia. Philadelphia : 1997. s. 361-374.
- [7] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.12, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s.
- [8] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.53, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s.
- [9] <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/aula-vysoke-skoly-banske-v-ostrove> ; obrázek strojovny TČ
- [10] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.13, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s.
- [11] <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda> ; foto instalace TČ na střešku objektu
- [12] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.13-14, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s.
- [13] <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-voda-voda> ; náčrt systému TČ voda-voda
- [14] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.17, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s.
- [15] <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/5719-jak-funguji-plosne-zemni-kolektory-pro-tepelna-cerpadla-v-praxi> ; Bláha Marek, společnost IVT
- [16] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.24, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s., tuto kapitolu napsal Trs Milan
- [17] Michal Pavel, Topenářská příručka 3, kapitola Tepelná čerpadla, str. 128, 1. vydání 2007, vydavatelství ČSTZ
- [18] Trs Milan, Odborná přednáška firmy IVT a Gerotop , Otevřená zahrada, Brno, dne 13.5. 2013
- [19] Michal Pavel, Topenářská příručka 3, kapitola Tepelná čerpadla, str. 127, 1. vydání 2007, vydavatelství ČSTZ
- [20] <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/jak-se-vrtal-nejhlubsi-vrt-pro-tepelne-cerpadlo-v-cr> ; obrázek z realizace vrtu
- [21] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.31, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s., tuto kapitolu napsal Trs Milan
- [22] Michal Pavel, Topenářská příručka 3, kapitola Tepelná čerpadla, str. 129, 1. vydání 2007, vydavatelství ČSTZ
- [23] <http://www.gerotop.cz/cs/sluzby/tepelne-cerpadlo-se-sondou/> ; foto U- kolen
- [24] <http://www.tzb-info.cz/9245-zakladni-vlastnosti-vrtu-pro-tepelna-cerpadla> ; 7.3. Vliv zapouštění trubic na účinnost tepelných vrtů GLHE
- [25] <http://www.tzb-info.cz/9245-zakladni-vlastnosti-vrtu-pro-tepelna-cerpadla> ; 2.1. Tepelný odpor  $R_f$  mezi teplotonosnou kapalinou a vnitřní stranou stěny aktivního kanálu
- [26] <http://www.tzb-info.cz/9245-zakladni-vlastnosti-vrtu-pro-tepelna-cerpadla> ; 5. Tepelné zkoušky vrtů metodou DTRT
- [27] <http://www.gerotop.cz/cs/sluzby/clanky-o-tc/energeticke-piloty/> ; obrázek energetických pilotů pod objektem
- [28] <http://www.gerotop.cz/cs/sluzby/clanky-o-tc/energeticke-piloty/> ; armokoš s potrubím
- [29] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.45, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s.
- [30] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.46, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s.
- [31] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.48, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s.
- [32] <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/ivt-air-vzduch-voda> ; obrázek vnitřní a venkovní jednotka TČ vzduch-voda
- [33] Klazar Zdeněk, Topenářská příručka, kapitola Tepelná čerpadla, 3.4.4.3 Vytápěný objekt jako systém s akumulátorem, str. 397
- [34] Karlík Robert , Tepelné čerpadlo pro váš dům, str.99, 1.vydání 2009, vydavatelství Grada Publishing a.s.

### Internetové zdroje:

[www.cerpadla-ivt.cz](http://www.cerpadla-ivt.cz)  
[www.korado.cz](http://www.korado.cz)  
[www.honeywell.cz](http://www.honeywell.cz)  
[www.heimeier.cz](http://www.heimeier.cz)  
[www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)  
[www.gerotop.cz](http://www.gerotop.cz)

## **Seznam použitých zkratk a symbolů:**

$d$ [m]	tloušťka vrstvy konstrukce
$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	součinitel prostupu tepla
$\lambda$ [W/mK]	součinitel tepelné vodivosti
$A, S$ [m <sup>2</sup> ]	plocha
$n$ [h <sup>-1</sup> ]	počet výměn vzduchu
$t$ [°C]	teplota
$V$ [m <sup>3</sup> ]	objem
$Q$ [W]	teplo, tepelný výkon
$M$ [kg/h]	hmotnostní průtok
$R$ [Pa/m]	tlaková ztráta třením
$w$ [m/s]	rychlost proudění
$\xi$ [-]	součinitel místního odporu
$Z$ [Pa]	tlaková ztráta místními odpory
$h$ [m]	výška
$p$ [Pa]	tlak
$HT$ [W/K]	měrná tepelná ztráta prostupem
$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	hustota
$l$ [m]	délka potrubí
$c$ [kJ/kg]	měrná tepelná kapacita
$D$ [-]	faktor relativní tlakové ztráty
$BB$ [°C]	bod bivalence
$TČ$	tepelné čerpadlo
$K$ [%]	koncentrace směsi
$H$ [m]	hloubka vrtu
$q_{vrt}$ [W/m]	měrný výkon jímání (vrt)
$q_{kol}$ [W/m <sup>2</sup> ]	měrný výkon jímání (plošný kolektor)

## **Přílohy:**

P1 Výpočet součinitelů prostupu tepla

P2 Výpočet tepelných ztrát

P3 Výpočet tlakové ztráty sekundárního okruhu

P4 Dimenzační schéma sekundárního okruhu

P5 Dimenzační schéma primárního okruhu

P6 Půdorys rozvodů otopné vody a otopných těles v 1.N.P.

P7 Půdorys rozvodů otopné vody a otopných těles v 2.N.P.

P8 Rozvinuté schéma otopné soustavy

P9 Schéma zapojení kotelny s akumulátorem

P10 Prostup hadic primárního okruhu základem

P11 Řez výkopem vodorovné primární části

P12 Půdorys vedení primárního okruhu



## Příloha P1- Výpočty součinitele prostupu tepla „U“

### VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA „U“-podlahy

KONSTR.	č.v.	materiál	d [m]	$\lambda$ [W/m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$R_x$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$R_{si}$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$R_{se}$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$\Sigma R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	U [W/m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Podlaha na zemini „a“	1	korek+lepidlo(podložka)	0,005	0,064	0,08	0,17	0	3,35	0,299
	2	betonová mazanina	0,05	1,23	0,04				
	3	polystyrenové desky	0,12	0,04	3,00				
	4	penetrační nátěr	0,0035	X	0,00				
	5	železobeton	0,1	1,74	0,06				

KONSTR.	č.v.	materiál	d [m]	$\lambda$ [W/m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$R_x$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$R_{si}$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$R_{se}$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$\Sigma R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	U [W/m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Podlaha na zemini „b“	1	keramická dlažba+lep	0,015	1,01	0,01	0,17	0	3,28	0,305
	2	betonová mazanina	0,05	1,23	0,04				
	3	polystyrenové desky	0,12	0,04	3,00				
	4	penetrační nátěr	0,0035	X	0,00				
	5	železobeton	0,1	1,74	0,06				

KONSTR.	č.v.	materiál	d [m]	$\lambda$ [W/m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$R_x$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$R_{si}$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$R_{se}$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$\Sigma R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	U [W/m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Podlaha na zemini „c“	1	dřevo+lepidlo	0,015	0,18	0,08	0,17	0	3,35	0,298
	2	betonová mazanina	0,05	1,23	0,04				
	3	polystyrenové desky	0,12	0,04	3,00				
	4	penetrační nátěr	0,0035	X	0,00				
	5	železobeton	0,1	1,74	0,06				

požadavek normy 0,3-0,45[W/m<sup>-2</sup> .K<sup>-1</sup>]=>konstrukce stropu vyhovuje

požadavek normy 0,3-0,45[W/m<sup>-2</sup> .K<sup>-1</sup>]=>  
> konstrukce podlah na zemiňe vyhovuji

### VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA „U“-stěny

KONSTR.	č.v.	materiál	d [m]	$\lambda$ [W/m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	R <sub>x</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	ΣR [m <sup>2</sup> .K/W]	U [W/m <sup>2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Vnější konstrukce „A“ tl. 500 mm	1	vápenocement. omítka	0,02	0,99	0,02	0,13	0,04	7,35	0,14
	2	Heluz Family 50 brouš.	0,5	0,07	7,14				
	3	vápenná omítka	0,015	0,88	0,02				
požadavek normy 0,25-0,38 [W/m <sup>2</sup> .K <sup>-1</sup> ]=>konstrukce stěny vyhovují									

KONSTR.	č.v.	materiál	d [m]	$\lambda$ [W/m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	R <sub>x</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	ΣR [m <sup>2</sup> .K/W]	U [W/m <sup>2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Vnitřní konstrukce „B“ tl.250 mm	1	vápenná omítka	0,015	0,88	0,02	0,13	0,13	3,87	0,26
	2	Heluz Family 25 brouš.	0,25	0,07	3,57				
	3	vápenná omítka	0,015	0,88	0,02				
požadavek normy 1,8-2,7 [W/m <sup>2</sup> .K <sup>-1</sup> ]=>konstrukce stěny vyhovují									

KONSTR.	č.v.	materiál	d [m]	$\lambda$ [W/m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	R <sub>x</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	ΣR [m <sup>2</sup> .K/W]	U [W/m <sup>2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Vnitřní konstrukce „C“ tl.200 mm	1	vápenná omítka	0,015	0,88	0,02	0,13	0,13	3,17	0,32
	2	Heluz Family 20 brouš.	0,2	0,07	2,86				
	3	vápenná omítka	0,015	0,88	0,02				
požadavek normy 1,8-2,7 [W/m <sup>2</sup> .K <sup>-1</sup> ]=>konstrukce stěny vyhovují									

KONSTR.	č.v.	materiál	d [m]	$\lambda$ [W/m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	R <sub>x</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	ΣR [m <sup>2</sup> .K/W]	U [W/m <sup>2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
---------	------	----------	----------	--	---	--	--	-----------------------------	---

### VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA „U“-stropy

KONSTR.	č.v.	materiál	d [m]	$\lambda$ [W/m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	R <sub>x</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	ΣR [m <sup>2</sup> .K/W]	U [W/m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Střecha „h“a „i“	1	TI Styrotrade EPS 150S	0,15	0,034	4,41	0,1	0,04	4,90	0,20
	2	betonová mazanina	0,05	1,23	0,04				
	3	Nos.č. Str. Heluz 250	0,25	X	0,29				
	4	vápenná omítka	0,015	0,88	0,02				
požadavek normy 0.16-0.24[W/m <sup>2</sup> .K <sup>-1</sup> ]=>konstrukce střechy vyhovuje									

KONSTR.	č.v.	materiál	d [m]	$\lambda$ [W/m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	R <sub>x</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	ΣR [m <sup>2</sup> .K/W]	U [W/m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Strop „e“ Tepelný tok Nahoru	1	dřevo+lepidlo	0,015	0,18	0,08	0,1	0,1	1,02	0,98
	2	betonová mazanina	0,05	1,23	0,04				
	3	kročejový polystyren	0,02	0,039	0,38				
	4	Nos.č. Str. Heluz 250	0,25	X	0,29				
	5	vápenná omítka	0,015	0,88	0,02				
požadavek normy 1,45-2,2[W/m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]=>konstrukce stropu vyhovuje									

KONSTR.	č.v.	materiál	d [m]	$\lambda$ [W/m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	R <sub>x</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]	ΣR [m <sup>2</sup> .K/W]	U [W/m <sup>2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Strop „e“ Tepelný tok dolů	1	dřevo+lepidlo	0,015	0,18	0,08	0,17	0,17	1,16	0,87
	2	betonová mazanina	0,05	1,23	0,04				
	3	kročejový polystyren	0,02	0,039	0,38				
	4	Nos.č. Str. Heluz 250	0,25	X	0,29				
	5	vápenná omítka	0,015	0,88	0,02				
požadavek normy 1,45-2,2[W/m <sup>2</sup> .K <sup>-1</sup> ]=>konstrukce stropu vyhovuje									

KONSTR.	č.v.	materiál	d [m]	$\lambda$ [W/m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$R_x$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$R_{si}$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$R_{se}$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$\Sigma R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	U [W/m <sup>2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Strop „f“ Tepelný tok Dolů	1	keramická dlažba	0,015	1,01	0,01	0,17	0,17	1,09	0,92
	2	betonová mazanina	0,05	1,23	0,04				
	3	kročejový polystyren	0,02	0,039	0,38				
	4	Nos.č. Str. Heluz 250	0,25	X	0,29				
	5	vápenná omítka	0,015	0,88	0,02				

## Příloha P2- Výpočet tepelných ztrát dle ČSN EN 12 831

Ozn místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]					
101	Zádvěří	10					
<b>Tepelná ztráta prostupem</b>							
<b>Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>							
Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	venkovní stěna	4,55	0,14	0,02	0,16	1	0,73
DV1	Dveře vstupní	2,18	1,2	0	1,2	1	2,62
<b>Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí <math>H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k</math> (W/K)</b>							<b>3,34</b>
<b>Tepelné ztráty nevytápeným prostorem</b>							
Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
SN1	stěna do chodby	2,97	0,26	0,02	0,28	-0,286	-0,24
DV2	dveře do chodby	1,89	3,5	0	3,5	-0,286	-1,89
<b>Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápený prostor <math>H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u</math> (W/K)</b>							<b>-2,13</b>
$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (10-20)/(10-(-15)) = -0,286$							
<b>Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty</b>							
Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$		
SN2	stěna k jídelně	11,27	0,41	-0,4	-1,85		
SN3	stěna do šatny	7,71	0,41	-0,2	-0,63		
DV3	dveře do šatny	1,68	3,5	-0,2	-1,18		
STR	strop do ložnice	5,25	0,87	-0,4	-1,83		
							0
<b>Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. <math>H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}</math> (W/K)</b>							<b>-5,48</b>
$f_{ij, \text{ jídelna}} = (\theta_{int,i} - \theta_i) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (10-20)/(10-(-15)) = -0,4$ $f_{ij, \text{ šatna}} = (\theta_{nt,i} - \theta) / (\theta_{nt,i} - \theta_e) = (10-15)/(10-(-15)) = -0,2$							
<b>Tepelné ztráty zeminou</b>							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$
pdl	podlaha na zemině	5,25	0,194	1,02	1,45	0,25	1
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$				1,02			
<b>Celková měrná tepelná ztráta zeminou <math>H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w</math> (W/K)</b>							<b>0,37</b>
<b>Celková měrná tepelná ztráta prostupem <math>H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}</math></b>							<b>-3,90</b>
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	<b>Návrhová ztráta prostupem <math>\Phi_{T,i}</math> (W)</b>			
10	-15	25	-3,90	<b>-98</b>			
<b>Tepelná ztráta větráním</b>							
				Hygienické požadavky			
Objem míst. $V_i$ (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$	$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m <sup>3</sup> /h)			
16,44	-15	10	0,5	8,22			
Počet Otvorů	$n_{50}$	Činitel zaclonění $e$	Výškový korekční činitel $\epsilon$	Množství vzduchu Infiltrace $V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> /h]			
1	4,5	0,05	1	7,40			
$\max z V_{min,i}^*$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	<b>Návrhová tepelná ztráta větráním <math>\Phi_{v,i}</math> (W)</b>				
8,22	2,79	25	<b>70</b>				
<b>Tepelná ztráta celkem: <math>\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}</math></b>							<b>-28</b>

Ozn místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$						
102	Satna	15						
Tepelná ztráta prostupem								
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
SO1	venkovní stěna	8,53	0,14	0,02	0,16	1	1,36	
DV1	Dveře vstupní	2,28	1,27	0	1,27	1	2,90	
SO2	venkovní stěna	9,93	0,14	0,02	0,16	1	1,59	
O1	okno	1,8	1,2	0	1,2	1	2,16	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} =$							8,01	
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
SN1	stěna do zádveří	7,71	0,41	0,02	0,43	0,167	0,55	
DV2	dveře do zádveří	1,68	3,5	0	3,5	0,167	0,98	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápený prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$							1,54	
$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (15-10)/(15-(-15))=0,167$								
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$			
STR	strop pod ložnicí	5,4	0,87	-0,166	-0,78			
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							-0,78	
$f_{ij, jidelna}=(\theta_{int,i} - \theta_j) / (\theta_{int,i} - \theta_e)=(15-20)/(15-(-15))=-0,166$								
Tepelné ztráty zeminou								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
pdl	podlaha na zemině	11,88	0,194	2,30	1,45	0,37	1	1,25
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$				2,30				
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,25	
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue}+ H_{T,ij}+ H_{T,ig}$							10,01	
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i}-\theta_e$	$H_{T,i}$		Ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)			
15	-15	30	10,01		300			
Tepelná ztráta větráním								
				Hygienické požadavky				
Objem míst. $V_i$ (m3)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$		$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m3/h)			
38,7	-15	15		0,5	19,35			
Počet Otvorů	$n_{50}$	Činitel zaclonění $e$		$\epsilon$	Množství vzduchu Infiltrací $V_{inf,i}$ [m³/h]			
1	4,5	0,05		1	17,42			
$\max z V_{min,i}, V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i}-\theta_e$		Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)				
19,35	6,58	30		197				
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c=\Phi_{T,i}+\Phi_{v,i}$				498				

Ozn místnosti	Název místnosti				Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]			
103	Chodba				20			
Tepelná ztráta prostupem								
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
SO1	venkovní stěna	13,15	0,14	0,02	0,16	1	2,10	
SO2	venkovní stěna	3,53	0,14	0,02	0,16	1	0,56	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							2,67	
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
SN1	stěna do zádveří	3,75	0,26	0,02	0,28	0,286	0,30	
DV1	dveře do chodby	1,89	3,5	0	3,5	0,286	1,89	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápený prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							2,19	
$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (20-10)/(20-(-15))=0,286$								
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$			
SN3	stěna do koupelny	6,05	0,41	-0,3	-0,74			
DV5	dveře do koupelny	1,47	3,5	-0,3	-1,54			
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							-2,29	
$f_{ij, koupelna} = (\theta_{int,i} - \theta_j) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (20-24)/(20-(-15))=-0,114$								
Tepelné ztráty zeminou								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
pdl	podlaha na zemině	11,61	0,194	2,25	1,45	0,46	1	1,51
			0	0				
			0	0				
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$				2,25				
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,51	
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							4,09	
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)				
20	-15	35	4,09	143				
Tepelná ztráta větráním								
				Hygienické požadavky				
Objem míst. $V_i$ (m3)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$		$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m3/h)			
16,44	-15	20		0,5	8,22			
Počet Otvorů	$n_{50}$	Činitel zaclonění $e$		Výškový korekční činitel $\varepsilon$	Množství vzduchu infiltrace $V_{inf,i}$ [m³/h]			
0	4,5	0		1	0,00			
$\max z V_{min,i}$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$		Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)				
8,22	2,79	35		98				
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$				241				

Ozn místnosti	Název místnosti				Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]		
105	WC				20		
Tepelná ztráta prostupem							
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	venkovní stěna	3,95	0,14	0,02	0,16	1	0,63
01	okno	0,75	1,09	0	1,09	1	0,82
					0	1	0
					0	1	0
					0	1	0
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							1,45
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem							
Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápený prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,00
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$		
SN2	stěna ke koupelně	10,33	0,3	-0,114	-0,35		
STR	strop ke koupelně	4,97	0,92	-0,114	-0,52		
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							-0,87
$f_{ij, \text{koupelna}} = (\theta_{int,i} - \theta_j) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (20 - 24) / (20 - (-15)) = -0,114$							
Tepelné ztráty zeminou							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$
pdl	podlaha na zemině	4,79	0,194	0,93	1,45	0,46	1
				0			
				0			
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$				0,93			
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,62
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							1,20
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)			
20	-15	35	1,20	42			
Tepelná ztráta větráním							
				Hygienické požadavky			
Objem míst. $V_i$ (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$	$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m <sup>3</sup> /h)			
15	-15	20	0,5	7,5			
Počet Otvorů	$n_{50}$	Činitel zaclonění $e$	Výškový korekční činitel $\epsilon$	Množství vzduchu Infiltrace $V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> /h]			
1	4,5	0,05	1	6,75			
$\max z V_{min,i}^*$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)				
7,5	2,55	35	89				
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$							131

Ozn místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]						
106	Koupelna v 1.N.P	24						
Tepelná ztráta prostupem								
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
SO1	venkovní stěna	6,02	0,14	0,02	0,16	1	0,96	
01	okno	1,5	1,25	0	1,25	1	1,88	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							2,84	
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
SN1	stěna do chodby	6,05	0,41	0,02	0,43	0,103	0,27	
DV1	dveře do chodby	1,47	3,5	0	3,5	0,103	0,53	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápený prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,80	
$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (24-20)/(24-(-15))=0,103$								
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$			
SN2	stěna k WC	10,33	0,3	0,103	0,32			
SN3	stěna k pokoji pro hosty	10,33	0,26	0,103	0,28			
Strop	strop k pracovně	7,92	0,98	0,103	0,80			
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							1,40	
$f_{ij, wc, pokoj, pracovna} = (\theta_{int,i} - \theta_j) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (24-20)/(24-(-15))=0,103$								
Tepelné ztráty zeminou								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		7,92	0,194	1,54	1,45	0,46	1	1,03
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$				1,54				
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,03	
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							6,06	
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)				
24	-15	39	6,06	236				
Tepelná ztráta větráním								
				Hygienické požadavky				
Objem míst. $V_i$ (m3)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$		$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m3/h)			
24,79	-15	20		1,5	37,19			
Počet Otvorů	$n_{50}$	Činitel zaclonění $e$		Výškový korekční činitel $\epsilon$	Množství vzduchu Infiltrací $V_{inf,i}$ [m³/h]			
1	4,5	0,05		1	11,16			
$\max z V_{min,i}$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$		Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)				
37,19	12,64	39		493				
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$				730				

Ozn místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]						
107	Pokoj pro hosty	20						
Tepelná ztráta prostupem								
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
SO1	venkovní stěna	33,7	0,14	0,02	0,16	1	5,39	
01	okno	1,17	1,22	0	1,22	1	1,43	
DV1	dveře vstupní	4,11	1,3	0	1,3	1	5,343	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							12,16	
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápený prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,00	
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$			
SN2	stěna ke koupelně	10,33	0,26	-0,114	-0,31			
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							-0,31	
$f_{ij, koupelna} = (\theta_{int,i} - \theta_j) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (20-24)/(20-(-15)) = -0,114$								
Tepelné ztráty zeminou								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
pdl	podlaha na zemině	18,9	0,193	3,65	1,45	0,46	1	2,45
				0				
				0				
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$				3,65				
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							2,45	
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							14,31	
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$				
20	-15	35	14,31	(W)				
				501				
Tepelná ztráta větráním								
				Hygienické požadavky				
Objem míst. $V_i$ (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$		$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m <sup>3</sup> /h)			
59,16	-15	20		0,5	29,58			
Počet Otvorů	$n_{so}$	Činitel zaclonění $e$		Výškový korekční činitel $\epsilon$	Množství vzduchu Infiltrace $V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> /h]			
1	4,5	0,05		1	26,62			
$\max z V_{min,i}^*$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$		Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)				
29,58	10,06	35		352				
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$				853				



Ozn místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]						
108	Kuchyně	20						
Tepelná ztráta prostupem								
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
SO1	venkovní stěna	10,26	0,14	0,02	0,16	1	1,64	
01	okno na SZ	1,8	1,27	0	1,27	1	2,29	
SO2	venkovní stěna	5,3	0,14	0,02	0,16	1	0,85	
DV1	dveře na JV	6,84	1,42	0	1,42	1	9,71	
STR	strop do exteriéru	20,88	0,21	0,02	0,23	1	4,80	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							19,29	
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
SN1	stěna do zádveří	12,06	0,41	0,02	0,43	0,286	1,48	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápený prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,48	
$b_{u,zádveří} = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (20-10)/(20-(-15))=0,286$								
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$			
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							0,00	
Tepelné ztráty zeminou								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
pdl	podlaha na zemině	20,88	0,193	4,03	1,45	0,46	1	2,71
				0				
				0				
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$				4,03				
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								2,71
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$								23,48
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$		Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)			
20	-15	35	23,48		822			
Tepelná ztráta větráním								
					Hygienické požadavky			
Objem míst. $V_i$ (m3)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$			$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m3/h)		
65,36	-15	20			1,5	98,04		
Počet Otvorů	$n_{so}$	Činitel zclonění $e$			Výškový korekční činitel $\epsilon$	Množství vzduchu Infiltrace $V_{inf,i}$ [m³/h]		
1	4,5	0,05			1	29,41		
$\max z V_{min,i}^*$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$			Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)			
98,04	33,33	35			1167			
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$					1988			

Ozn místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]						
109	Obývací pokoj	20						
Tepelná ztráta prostupem								
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
SO1+2+3	venkovní stěna	38,7	0,14	0,02	0,16	1	6,19	
01	okno	2,06	1,3	0	1,3	1	2,68	
DV1	dveře na JV	6,84	1,42	0	1,42	1	9,71	
STR	strop do exteriéru	23,93	0,21	0,02	0,23	1	5,50	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							24,09	
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápený prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,00	
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$			
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							0,00	
Tepelné ztráty zeminou								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
pdl	podlaha na zemině	23,93	0,193	4,62	1,45	0,46	1	3,10
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$				4,62				
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							3,10	
$f_{g2} = (\theta_{int,i} - \theta_{m,e}) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (20 - 3,8) / (20 - (-15)) = 0,463$								
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							27,19	
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)				
20	-15	35	27,19	952				
Tepelná ztráta větráním								
				Hygienické požadavky				
Objem míst. $V_i$ (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$		$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m <sup>3</sup> /h)			
74,91	-15	20		0,5	37,46			
Počet Otvorů	$n_{50}$	Činitel zaclonění $e$		Výškový korekční činitel $\varepsilon$	Množství vzduchu Infiltrací $V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> /h]			
2	4,5	0,05		1	33,71			
$\max z V_{min,i}^*$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$		Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)				
37,46	12,73	35		446				
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$				1397				

Ozn místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]						
201	Chodba	20						
Tepelná ztráta prostupem								
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
SO1	venkovní stěna	14,8	0,14	0,02	0,16	1	2,37	
01+2	Okno 1+2	6	1,38	0	1,38	1	8,28	
SO2	schodišťová stěna	9,49	0,14	0,02	0,16	1	1,52	
STR	strop do exteriéru	18,75	0,21	0,02	0,23	1	4,31	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							16,48	
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápený prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,00	
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$			
SN4	stěna do koupelny	5,78	0,41	-0,114	-0,27			
DV4	dveře do koupelny	1,47	3,5	-0,114	-0,59			
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							-0,86	
$f_{ij, koupelna} = (\theta_{int,i} - \theta_i) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (20-24)/(20-(-15)) = -0,3$								
Tepelné ztráty zeminou								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$								
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							15,62	
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)				
20	-15	35	15,62	547				
Tepelná ztráta větráním								
				Hygienické požadavky				
Objem míst. $V_i$ (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$		$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m <sup>3</sup> /h)			
34,15	-15	20		0,5	17,08			
Počet Otvorů	$n_{50}$	Činitel zaclonění $e$		Výškový korekční činitel $\epsilon$	Množství vzduchu Infiltrací $V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> /h]			
2	4,5	0,05		1	15,37			
$\max z V_{min,i}^*$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$		Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)				
17,08	5,81	35		203				
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$				750				

Ozn místnosti		Název místnosti			Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]		
202		Ložnice			20		
Tepelná ztráta prostupem							
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1+2	venkovní stěna	20,71	0,14	0,02	0,16	1	3,31
01	okno	2,7	1,36	0	1,36	1	3,67
STR	strop do exteriéru	14,15	0,21	0,02	0,23	1	3,25
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							10,24
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem							
Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
pdl	podlaha nad zádveř.	5,58	0,87	0,02	0,89	0,571	2,84
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápený prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							2,84
$b_{u,zádveř} = (\theta_{int,i} - \theta_e) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (20-0)/(20-(-15))=0,571$							
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$		
SN2	stěna k šatně	8,2	0,41	0,143	0,48		
DV1	dveře do šatny	4,52	4,5	0,143	2,91		
pdl1	podlaha nad šatnou	5,4	0,87	0,143	0,67		
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							4,06
$f_{ij, šatna, chodba} = (\theta_{int,i} - \theta_j) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (20-15)/(20-(-15))=0,143$							
Tepelné ztráty zeminou							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$							
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							17,14
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)			
20	-15	35	17,14	600			
Tepelná ztráta větráním							
				Hygienické požadavky			
Objem míst. $V_i$ (m³)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$	$n$ (h⁻¹)	$V_{min,i}$ (m³/h)			
43,85	-15	20	0,5	21,925			
Počet Otvorů	$n_{50}$	Činitel zclonění $e$	Výškový korekční činitel $\epsilon$	Množství vzduchu Infiltrace $V_{rd,i}$ [m³/h]			
1	4,5	0,03	1	11,84			
$\max z V_{min,i}^1$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)				
21,925	7,45	35	261				
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$				861			

Ozn místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]						
203	Satna	15						
Tepelná ztráta prostupem								
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
SO1+2	venkovní stěna	16,66	0,14	0,02	0,16	1	2,67	
01	okno	0,75	1,22	0	1,22	1	0,92	
STR	strop do exteriéru	6,77	0,21	0,02	0,23	1	1,56	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							5,14	
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,00	
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$			
SN1	stěna do ložnice	6,05	0,41	-0,167	-0,41			
DV1	dveře do ložnice	1,47	4,5	-0,167	-1,10			
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							-1,52	
$f_{ij, koupelna} = (\theta_{int,i} - \theta_j) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (15-20)/(15-(-15)) = -0,167$								
Tepelné ztráty zeminou								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$				0,00				
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,00	
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							3,62	
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)				
15	-15	30	3,62	109				
Tepelná ztráta větráním								
				Hygienické požadavky				
Objem míst. $V_i$ (m3)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$		$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m3/h)			
21	-15	15		0,5	10,5			
Počet Otvorů	$n_{50}$	Činitel zaclonění $e$		Výškový korekční činitel $\epsilon$	Množství vzduchu Infiltrace $V_{inf,i}$ [m³/h]			
1	4,5	0,03		1	5,67			
$\max z V_{min,i},$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$		Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)				
10,5	3,57	30		107				
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$				216				

Ozn místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]						
204	Koupelna v 2.N.P.	24						
Tepelná ztráta prostupem								
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
SO1	venkovní stěna	3,44	0,14	0,02	0,16	1	0,55	
O1	okno	0,75	1,09	0	1,09	1	0,82	
STR	strop do exteriéru	5,65	0,21	0	0,21	1	1,19	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							2,55	
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,00	
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$			
SN1	stěna k pracovně	14,1	0,41	0,103	0,60			
SN2	stěny do chodby a na schodiště	16,9	0,41	0,103	0,71			
DV1	dveře do chodby	1,47	3,5	0,103	0,53			
PDL	podlaha nad WC	5,01	0,92	0,103	0,47			
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)					2,31			
$f_{ij, \text{pracovna, chodba, wc}} = (\theta_{int,i} - \theta_j) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (24 - 20) / (24 - (-15)) = 0,103$								
Tepelné ztráty zeminou								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$								
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,00	
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							4,87	
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)				
24	-15	39	4,87	190				
Tepelná ztráta větráním								
				Hygienické požadavky				
Objem míst. $V_i$ (m³)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$		$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m³/h)			
14,44	-15	24		1,5	21,66			
Počet Otvorů	$n_{50}$	Činitel zatloučení $e$		Výškový korekční činitel $\varepsilon$	Množství vzduchu Infiltrace $V_{inf,i}$ [m³/h]			
1	4,5	0,03		1	3,90			
$\max z V_{min,i}^*$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$		Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)				
21,66	7,36	39		287				
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$				477				

Ozn místnosti	Název místnosti		Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]					
205	Pracovna		20					
Tepelná ztráta prostupem								
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
SO1	venkovní stěna	6,71	0,14	0,02	0,16	1	1,07	
01	okno	1,5	1,25	0	1,25	1	1,88	
STR	strop do exteriéru	7,68	0,21	0,02	0,23	1	1,77	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							4,72	
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápený prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,00	
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$			
SN2	stěna do koupelny	13,96	0,41	-0,115	-0,66			
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							-0,66	
$f_{ij,koupelna} = (\theta_{nt,i} - \theta) / (\theta_{nt,i} - \theta_e) = (20-24)/(20-(-15)) = -0,115$								
Tepelné ztráty zeminou								
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$								
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							4,06	
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)				
20	-15	35	4,06	142				
Tepelná ztráta větráním								
				Hygienické požadavky				
Objem míst. $V_i$ (m3)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$		$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m3/h)			
23,81	-15	20		0,5	11,91			
Počet Otvorů	$n_{50}$	Činitel zaclonění $e$		Výškový korekční činitel $\varepsilon$	Množství vzduchu Infiltrací $V_{if,i}$ [m³/h]			
1	4,5	0,03		1	6,43			
$\max z V_{min,i}^+$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$		Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)				
11,91	4,05	35		142				
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$				284				

Ozn místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]					
206	dětský pokoj	20					
Tepelná ztráta prostupem							
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1+2+3	venkovní stěna	37,11	0,14	0,02	0,16	1	5,94
01	Okno (1,95x0,6)	1,17	1,22	0	1,22	1	1,43
02	Okno (1,8x1,5)	2,7	1,36	0	1,36	1	3,67
STR	strop do exteriéru	18,9	0,21	0,02	0,23	1	4,35
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							15,38
Tepelné ztráty nevytápeným prostorem							
Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,00
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$		
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							0,00
$f_{ij, \text{šatna, chodba}} = (\theta_{int,i} - \theta_j) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (20-15)/(20-(-15))=0,143$							
Tepelné ztráty zeminou							
č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$ $f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$							
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							
Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							15,38
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$		Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)		
20	-15	35	15,38		538		
Tepelná ztráta větráním							
					Hygienické požadavky		
Objem míst. $V_i$ (m3)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$		$n$ (h <sup>-1</sup> )	$V_{min,i}$ (m3/h)		
50,09	-15	20		0,5	25,05		
Počet Otvorů	$n_{50}$	Činitel zaclonění e		Výškový korekční činitel $\epsilon$	Množství vzduchu Infiltrací $V_{inf,i}$ [m³/h]		
1	4,5	0,05		1	22,54		
$\max z V_{min,i}$ $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$		Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)			
25,05	8,52	35		298			
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$					836		



Tabulka návrhové tepelné ztráty pro budovu s přirozeným větráním

Místnost	Tepelný výkon pro tepelné ztráty Prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)	Tepelný výkon pro tepelné ztráty větráním $\Phi_{v,i}$ (W)	Zátopový tepelný výkon $\Phi_{RH,i}$ (W)	Celkový tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$ (W)
101	-98	70	0	-28
102	300	198	0	498
103	143	98	0	241
105	42	89	0	131
106	236	493	0	729
107	501	352	0	853
108	822	1167	0	1989
109	952	446	0	1398
201	547	203	0	750
202	600	262	0	862
203	109	107	0	216
204	190	287	0	477
205	142	142	0	284
206	538	298	0	836
Celková tepelná ztráta objektu (W)				9236

### Příloha P3-Výpočet tlakových ztrát sekundárního okruhu

Teplotní rozdíl 10 K (40/30),okruh s největší tlakovou ztrátou,těleso 33VK-900/800;M107;20°C (AK-OT)												
č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z+ $\Delta p_{rv}$ (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
1	996	85,6	17,5	15x1	44	0,18	770	10,4	168,5	1400	2338,5	2338,5
2	1740	149,6	5,95	18x1	51	0,32	303,45	0,6	30,7	0	334,2	2672,7
3	1879	161,6	1	18x1	58	0,22	58	0,6	14,5	0	72,5	2745,2
4	2150	184,9	1	18x1	74	0,23	74	0,6	15,9	0	89,9	2835,0
5	5928	509,7	18	22x1	150	0,46	2700	6,4	677,1	0	3377,1	6212,2
6	6497	558,6	8	22x1	174	0,5	1392	3,2	400,0	0	1792,0	8004,2
7	10198	876,9	2	35x1,5	135	0,47	270	7,7	850,5	0	1120,5	<b>9124,6</b>
<b>OBĚHOVÉ ČERPADLO WILLO PARA 25,130 mm=&gt; vyhovuje!!!</b>												

Dimenzování úseků k OT 33VK 900/2600												
č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z+ $\Delta p_{rv}$ (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
9	3778	324,8	6	22x1	68	0,29	408	0,6	25,2	0	433,2	2835,0
10	1438	123,6	15	18x1	37	0,17	555	8,6	124,3	0	679,3	2401,8
10	1438	123,6	1	15x1	99	0,26	99	5,6	189,3	1434	1722,3	<b>1722,5</b>
Návrh přednastavení ventilu OT 33VK 900/2600												
1722,5-288,3=1434,2Pa;123,6 kg/h =>stupeň přednastavení 6												

Dimenzování úseků k OT 33VK 900/2300												
č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
11	2340	201,2	6,9	18x1	84	0,28	579,6	0,6	23,5	0	603,1	2401,8
12	1344	115,6	3,1	15x1	88	0,24	272,8	6,4	184,3	1341	457,1	<b>1798,7</b>
Návrh přednastavení ventilu OT 33VK 900/2300												
1798,7-457,1=1341,6Pa;115,6 kg/h =>stupeň přednastavení 6												

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 33 VK 900/1800												
č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
13	996	85,6	4,4	15x1	44	0,18	193,6	10,8	175,0	1430	368,6	<b>1798,7</b>
Návrh přednastavení ventilu OT 33 VK-900/1800												
1798,7-368,6=1430,1Pa;85,6 kg/h =>stupeň přednastavení 6												

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 11 VK-900/1000												
č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
14	271	23,3	1	15x1	6	0,05	6	6,4	8	2731	14,0	<b>2745,2</b>
Návrh přednastavení ventilu OT 10 VK-900/1000												
2745,2-14,0=2731,2Pa;23,3 kg/h =>stupeň přednastavení 3												

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 10 VK-900/800												
č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
15	139	12,0	11,6	15x1	3,2	0,03	37,12	6,9	3,1	2632	40,2	<b>2672,7</b>
Návrh přednastavení ventilu OT 10 VK-900/800												
2672,7-40,2=2632,5Pa;12,0 kg/h =>stupeň přednastavení 2												

**Dimenzování úseku k otopnému tělesu 33 VK-900/1400**

č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
16	744	64,0	3,8	15x1	19	0,13	72,2	0,6	5,1	0	77,3	2672,7
17	537	46,2	6,2	15x1	12	0,09	74,4	10,8	43,7	2477	118,1	<b>2595,4</b>

Návrh přednastavení ventilu OT 33 VK-900/1400

2595,4-118,1=2477,3Pa;46,2 kg/h =&gt;stupeň přednastavení 4

**Dimenzování úseku k otopnému tělesu 33 VK-900/600**

č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
18	207	17,8	0,8	15x1	4,5	0,04	3,6	5,6	4,5	2587	8,1	<b>2595,4</b>

Návrh přednastavení ventilu OT 33 VK-900/600

2595,4-8,1=2587,3Pa;17,8 kg/h =&gt;stupeň přednastavení 2

**Dimenzování úseku k otopnému tělesu 33 VK 900/1400**

č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
19	3701	318,2	3,2	22x1	65	0,28	208,0	3,4	133,3	0	341,28	8004,2
20	3457	297,2	13,5	22x1	58	0,29	783,0	2,9	121,9	0	904,95	7662,9
21	2473	212,6	2,7	18x1	94	0,29	253,8	0,6	25,2	0	279,03	6758,0
22	2075	178,4	4,8	18x1	69	0,25	331,2	0,6	18,8	0	349,95	6478,9
23	1561	134,2	2,6	18x1	42	0,18	109,2	0,6	9,7	0	118,92	6129,0
24	1163	100,0	2,9	15x1	19,5	0,14	56,6	0,6	5,9	0	62,43	6010,1
25	861	74,0	7,8	15x1	28	0,11	218,4	8,4	50,8	5678	269,22	<b>5947,6</b>

Návrh přednastavení ventilu OT 33 VK 900/1400

5947,6-269,22=5678,4,2;Pa;74kg/h =&gt;stupeň přednastavení 4

**Dimenzování úseku k otopnému tělesu 11 VK 900/1200**

č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
26	326	28,0	10,4	15x1	7,3	0,06	75,92	10,8	19,4	5852	95,4	<b>5947,6</b>

Návrh přednastavení ventilu OT 11 VK 900/1200

5947,6-95,4=5852,2 Pa;28,0kg/h =&gt;stupeň přednastavení 2

**Dimenzování úseku k otopnému tělesu 11 VK 500/900**

č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
27	227	19,5	0,8	15x1	5	0,04	4	5,6	4,5	7995	8,5	<b>8004,2</b>

Návrh přednastavení ventilu OT 11 VK 900/1200

8004,2-8,5=7995,7,2 Pa;19,5kg/h =&gt;stupeň přednastavení 2

**Dimenzování úseku k otopnému tělesu 33 VK 900/1600**

č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
28	984	84,6	4,4	15x1	3,27	0,03	0,18	7,6	3,4	6754	3,6	<b>6758,0</b>

Návrh přednastavení ventilu OT 33VK 900/1600

6758-3,6=6754,4Pa;84,6kg/h =&gt;stupeň přednastavení 4

**Dimenzování úseku k otopnému tělesu 10 VK-900/2300**

č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma\xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
29	398	34,2	1	15x1	9	0,08	9	5,6	17,9	6452	6478,9	<b>6478,9</b>

Návrh přednastavení ventilu OT 10 VK 900/2300

6478,9-26,9=6452 Pa;53 kg/h =&gt;stupeň přednastavení 3

**Dimenzování úseku k otopnému tělesu 33 VK-900/800**

č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma\xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
30	514	44,2	5,7	15x1	11	0,09	62,7	0,6	2,4	0	65,1	6129,0
31	307	26,4	4,5	15x1	7,3	0,05	32,85	10,8	13,5	6017	46,4	<b>6063,9</b>

Návrh přednastavení ventilu OT 33 VK 900/800

6063,9-46,4=6017,5 Pa;26,4 kg/h =&gt;stupeň přednastavení 2

**Dimenzování úseku k otopnému tělesu 33 VK-900/600**

č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma\xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
32	207	17,8	0,8	15x1	3,2	0,03	2,56	5,6	2,5	6058	5,1	<b>6063,9</b>

Návrh přednastavení ventilu OT 33 VK 900/600

6063,9 -5,1=6058,8 Pa;17,8 kg/h =&gt;stupeň přednastavení 2

**Dimenzování úseku k otopnému tělesu 10 VK-900/2300**

č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma\xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
33	398	34,2	1	15x1	9	0,08	9	5,6	17,9	6058	26,9	<b>6010,1</b>

Návrh přednastavení ventilu OT 33 VK 900/600

6063,9 -5,1=6058,8 Pa;17,8 kg/h =&gt;stupeň přednastavení 2

**Dimenzování úseku mezi TČ-AK**

č. u.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma\xi$	Z (Pa/m)	$\Delta p_{Rv}$	R.l+Z (Pa/m)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
34	10198	876,9	5,6	35x1,5	135	0,3	756	17,1	769,5	X	1525,5	<b>1525,5</b>

**OBĚHOVÉ ČERPADLO WILLO PARA 25,130 mm=> vyhovuje!!!**